

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS,  
PETRÓLEOS Y AMBIENTAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“COMPARACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DEL MANEJO  
CONVENCIONAL DE DESECHOS SÓLIDOS VERSUS GASIFICACIÓN PARA  
POBLACIONES MENORES A 200.000 HABITANTES”**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar el Título de Ingeniera Ambiental Grado  
Académico de Tercer Nivel

**AUTORA:**

**DIANA ALEXANDRA RUALES NAVARRETE**

**TUTOR:**

**ING. GALO ALBÁN SORIA**

Quito, Julio 2014

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS,  
PETRÓLEOS Y AMBIENTAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“COMPARACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DEL MANEJO  
CONVENCIONAL DE DESECHOS SÓLIDOS VERSUS GASIFICACIÓN PARA  
POBLACIONES MENORES A 200.000 HABITANTES”**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar el Título de Ingeniera Ambiental Grado  
Académico de Tercer Nivel

**AUTORA:**

**DIANA ALEXANDRA RUALES NAVARRETE**

Quito, Julio 2014

## AGRADECIMIENTO

Agradezco al Programa para la *Gestión Integral de Desechos Sólidos* por sugerirme este tema de investigación; así mismo por facilitarme la información para desarrollar este trabajo.

A mis padres por haber hecho de mí una persona educada en buenos valores, quienes me enseñaron a luchar por las cosas que se anhelan, a entender que la vida está llena de retos y sacrificios. Gracias papi por ser mi apoyo incondicional; en tu experiencia como profesional encontré la guía y afiancé el amor por mi carrera. Gracias mami porque a pesar de la distancia nunca me dejaste sola y siempre estuviste pendiente de mí.

A mis hermanos y demás familiares que de alguna u otra manera han formado parte de este duro pero maravilloso camino.

A mis maestros, amigos y compañeros que estuvieron en el día a día, en las dificultades, en los buenos momentos, gracias por compartir conmigo la mejor etapa de mi vida estudiantil.

## DEDICATORIA

A mis padres, porque gracias a sus esfuerzos y sacrificios he culminado una etapa más de mi vida.

A mi madre como reconocimiento a su entereza y valentía por afrontar prácticamente sola una vida alejada de sus hijos y marido; si bien es cierto las obligaciones laborales y estudiantiles nos obligaron a separarnos, la constancia y dedicación acortaron cualquier distancia e hicieron más llevaderas las dificultades, y ahora con la culminación de la etapa universitaria puedo retribuir de alguna manera todo lo que has hecho por mí.

A mi padre, quien me ha depositado toda su confianza, porque es mi ejemplo de superación, porque siempre ha buscado lo mejor para mí y mis hermanos, porque a pesar de llegar agotado de su jornada laboral estaba presto para cualquier duda e inquietud, porque aprendimos a comprendernos y entendernos, y así es que hoy por hoy somos los mejores amigos del mundo.

Y como no dedicar a mis inseparables hermanos, Paulo y Alejito, a ustedes por aceptar mi carácter difícil producto de malos días o a compartir risas y alegrías cuando las cosas iban bien, o simplemente sentirlos cerca cuando las noches eran muy largas.

## **AUTORIZACIÓN DEL AUTOR**

Yo, DIANA ALEXANDRA RUALES NAVARRETE, en calidad de autora de la tesis realizada sobre: “COMPARACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DEL MANEJO CONVENCIONAL DE DESECHOS SÓLIDOS VERSUS GASIFICACIÓN PARA POBLACIONES MENORES A 200.000 HABITANTES”, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o de parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autora me corresponden, con excepción de la presente autorización seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículo 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Quito, 03 de Julio de 2014

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Diana Alexandra Ruales N.', with a stylized flourish at the end.

Diana Alexandra Ruales N.

C.C. 0401735063

## **INFORME DE APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi carácter de Tutor de Grado, presentado por la señorita DIANA ALEXANDRA RUALES NAVARRETE para optar el Título o Grado de INGENIERA AMBIENTAL cuyo título es “COMPARACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DEL MANEJO CONVENCIONAL DE DESECHOS SÓLIDOS VERSUS GASIFICACIÓN PARA POBLACIONES MENORES A 200.000 HABITANTES”, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la Ciudad de Quito a los 11 días del mes de junio de 2014.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'G. Soria', is written over a horizontal line.

ING. GALO ALBAN SORIA

C.C. 1801931088

TUTOR DE TESIS

## INFORME DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

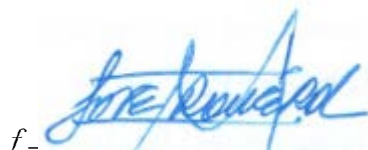
El tribunal constituido por: Dra. Silvia Buitrón, Dr. José Romero, Dr. Carlos Ordoñez. **DECLARAN:** que la presente tesis denominada: “COMPARACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DEL MANEJO CONVENCIONAL DE DESECHOS SÓLIDOS VERSUS GASIFICACIÓN PARA POBLACIONES MENORES A 200.000 HABITANTES”, ha sido elaborada íntegramente por la señorita Diana Alexandra Ruales Navarrete, egresada de la Carrera de Ingeniería Ambiental; revisada y verificada, dando fe de la originalidad del presente trabajo.

Ha emitido el siguiente veredicto: Se ha aprobado el Proyecto de Tesis para su Defensa Oral.

En la Ciudad de Quito a los 03 días del mes de Julio del 2014.



Dra. Silvia Buitrón  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Dr. José Romero  
ASESOR DE TESIS



Dr. Carlos Ordoñez  
ASESOR DE TESIS

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS, PETRÓLEOS Y AMBIENTAL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Comparación técnica, económica y ambiental del manejo convencional de desechos sólidos versus gasificación para poblaciones menores a 200.000 habitantes”

**Autora:** Diana Ruales N.

**Tutor:** Ing. Galo Albán Soria

**Julio, 2014**

**RESUMEN DOCUMENTAL**

Tesis sobre: “Comparación técnica, económica y ambiental del manejo convencional de desechos sólidos versus gasificación para poblaciones menores a 200.000 habitantes”. **OBJETIVO GENERAL:** Realizar una comparación técnica, económica y ambiental del manejo convencional de desechos sólidos versus gasificación para poblaciones menores a 200.000 habitantes. **PROBLEMA:** La disposición final de residuos sólidos a través de rellenos sanitarios no es suficiente para la gestión apropiada de los mismos, por lo tanto se buscan alternativas de solución con la implementación de otra tecnología, en este caso la gasificación. **HIPÓTESIS:** El uso de la gasificación puede ser aplicable en el país, en comparación a la disposición final realizada en rellenos sanitarios. **MARCO TEÓRICO:** Residuos sólidos, tipo de residuos, caracterización de residuos, métodos de disposición final. **MARCO REFERENCIAL:** Actualmente la generación de residuos en el país es de 4,06 millones de toneladas métricas al año y una generación per cápita de 0,74 kg. **DISEÑO METODOLÓGICO:** Criterios de selección de municipios con poblaciones menores a 200.000 habitantes para realizar el análisis comparativo. **CONCLUSIÓN GENERAL:** La tecnología de gasificación económicamente es más costosa que el relleno sanitario; ésta promueve reducción de volumen de desechos, recuperación y venta de energía generando ganancias, disminución de emisiones, a diferencia del relleno sanitario que exclusivamente sirve para enterrar los desechos. Las nuevas tecnologías deben ser analizadas y promovidas en el país. **RECOMENDACIÓN GENERAL:** Mejorar la recogida selectiva en términos de cantidad y calidad, se reduce el volumen y hace más homogénea la materia que plantea un tratamiento ajustado a las características del residuo.

**DESCRIPTORES:**

**DISPOSICIÓN FINAL**



CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS  
RELLENO SANITARIO  
PLANTA DE GASIFICACIÓN  
TECNOLOGÍAS LIMPIAS

**CATEGORÍAS**      **TEMÁTICAS:**      <Comparación><Factibilidad      Técnica><Factibilidad  
Económica><Ambiental><Desechos Sólidos><Manejo Convencional><Gasificación>

## DOCUMENTAL SUMMARY

**Thesis on:** "Technical, economic and environmental comparison of conventional management of solid waste versus gasification for populations under 200.000 habitants". **GOAL:** Perform a technical, economic and environmental comparison of conventional management of solid waste versus gasification for populations under 200.000. **PROBLEM:** The final disposal of solid waste through landfills is not enough for the appropriate management of them, therefore are sought alternative solutions with the implementation of another technology, gasification at this case. **HYPOTHESIS:** The use of gasification can be applicable at the country, in comparison to the final disposal made in landfills. **THEORETICAL FRAMEWORK:** Solid waste, waste types, waste characterization, final disposal methods. **FRAMEWORK:** Currently waste generation in the country is 4.06 million metric tons per year and a per capita generation of 0.74 kg. **METHODOLOGICAL FRAMEWORK:** Selection criteria for municipalities with populations under 200.000 for the comparative analysis. **GENERAL CONCLUSION:** The gasification technology is economically more expensive than the landfill; It promotes waste volume reduction, energy recovery and sell generating earnings, reduced emissions, unlike the landfill that exclusively serves to bury the waste. The new technologies should be analyzed and promoted in the country. **GENERAL RECOMMENDATION:** To improve the selective recollection in terms of quantity and quality, the volume is reduced and it makes the material more homogeneous posed treatment adjust to the waste characteristics.

### WORDS:

FINAL DISPOSITION

SOLID WASTE CHARACTERIZATION

LANDFILL

GASIFICATION PLANT

CLEAN TECHNOLOGIES

**THEMATIC CATEGORIES:** <Comparison><Technical Feasibility><Economic Feasibility><Environmental><Solid Waste ><Conventional Management><Gasification>

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XVI
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	1
ABREVIATURAS Y SIGLAS .....	3
CAPÍTULO I.....	4
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA .....	4
1.2 ENUNCIADO DEL TEMA.....	4
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL .....	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.6 HIPÓTESIS .....	6
1.7 MARCO INSTITUCIONAL.....	6
1.8 MARCO LEGAL .....	7
1.9 MARCO ÉTICO.....	10
1.10 MARCO REFERENCIAL .....	10
1.10.1 Antecedentes .....	10
CAPÍTULO II .....	12
2. MARCO CONCEPTUAL.....	12
2.1 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS .....	12
2.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS .....	14
2.2.1 Propiedades físicas .....	14
2.2.1.1 Humedad .....	14
2.2.1.2 Densidad - Peso Específico .....	15
2.2.1.3 Tamaño de la partícula .....	17
2.2.2 Propiedades químicas .....	17
2.2.2.1 Solubilidad.....	17
2.2.2.2 Poder calorífico .....	17
2.2.2.3 Relación Carbono/Nitrógeno.....	18
2.2.3 Propiedades biológicas .....	19
2.2.3.1 Biodegradabilidad .....	19
2.3 MÉTODOS PARA LA DISPOSICIÓN FINAL.....	19
2.3.1 Relleno Sanitario .....	19
2.3.1.1 Tipos de Relleno Sanitario .....	19
2.3.1.1.1 Relleno Sanitario Semimecanizado.....	19
2.3.1.1.2 Relleno Sanitario Manual .....	20
2.3.1.2 Métodos de Operación de Rellenos Sanitarios .....	20
2.3.1.2.1 Método de Zanja o Trinchera .....	20

2.3.1.2.2	Método de Área/Rampa.....	20
2.3.1.3	Emisiones de un Relleno Sanitario.....	21
2.3.1.3.1	Emisiones Olfatorias .....	21
2.3.1.3.2	Lixiviados.....	21
2.3.1.3.2.1	Composición de los lixiviados.....	21
2.3.1.3.3	Gases .....	22
2.3.1.3.3.1	Distribución de Gases en el Relleno.....	22
2.3.1.4	Impactos ambientales provocados por el manejo inadecuado de residuos sólidos ...	23
2.3.1.4.1	Agua .....	23
2.3.1.4.2	Suelo.....	23
2.3.1.4.3	Aire.....	24
2.3.1.5	Rellenos sanitarios con perspectiva futura .....	24
2.3.2	GASIFICACIÓN.....	24
2.3.2.1	Definición.....	24
2.3.2.2	Generalidades .....	24
2.3.2.3	Proceso de gasificación .....	25
2.3.2.3.1	Descripción del proceso de gasificación .....	25
2.3.2.3.1.1	Secado .....	25
2.3.2.3.1.2	Pirólisis.....	26
2.3.2.3.1.3	Oxidación parcial .....	26
2.3.2.3.1.4	Gasificación propiamente dicha .....	27
2.3.2.3.2	Reacciones en el proceso de gasificación.....	27
2.3.2.3.3	Elementos principales de la gasificación.....	28
2.3.2.3.4	Parámetros particulares a controlar en el proceso de gasificación .....	29
2.3.2.3.5	Alquitranes en el proceso de gasificación .....	29
2.3.2.4	Residuos apropiados para la gasificación.....	30
2.3.2.5	Residuos que no deben ingresar a un gasificador.....	30
2.3.2.6	Productos del proceso de gasificación.....	30
2.3.2.6.1	Cenizas de hogar o escorias.....	31
2.3.2.6.2	Cenizas volantes .....	31
2.3.2.6.3	Aplicaciones .....	31
2.3.2.7	Tecnologías de Gasificación.....	32
2.3.2.8	Tipos de gasificadores .....	33
2.3.2.8.1	Descripción del reactor horizontal.....	34
2.3.2.8.2	Ventajas del reactor horizontal.....	36
CAPÍTULO III	.....	38
3.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	38
3.1	TIPO DE ESTUDIO .....	38
3.2	UNIVERSO Y MUESTRA .....	38
3.3	TÉCNICA .....	38
3.4	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	38
3.5	PROCESAMIENTO DE DATOS .....	39
CAPÍTULO IV	.....	40
4.	ESTUDIO DE CASO .....	40
4.1	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y POLÍTICO ADMINISTRATIVA.....	40

4.2	DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES AMBIENTALES .....	40
4.2.1	Componente socioeconómico.....	40
4.2.1.1	Demografía.....	41
4.2.1.2	Actividades económicas .....	41
4.2.2	Componente físico.....	42
4.2.2.1	Clima .....	42
4.2.2.2	Temperatura.....	42
4.2.2.3	Humedad .....	42
4.2.2.4	Dirección y velocidad del viento .....	42
4.2.2.5	Precipitación.....	43
4.2.2.6	Uso del suelo .....	43
4.2.2.7	Hidrografía .....	43
4.2.2.8	Topografía .....	43
4.2.2.9	Geología y geomorfología.....	43
4.3	ANÁLISIS SITUACIONAL .....	44
4.3.1	Generación de residuos.....	44
4.3.2	Procedimiento.....	44
4.4	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE DISPOSICIÓN FINAL .....	45
4.4.1	Relleno Sanitario .....	45
4.4.1.1	Ubicación del proyecto.....	45
4.4.1.2	Población inmersa y generación de desechos proyectados .....	46
4.4.1.3	Mecanismo de disposición final .....	47
4.4.1.4	Costo de inversión y disposición final para el cantón Santa Elena .....	49
4.4.1.4.1	Costo del relleno.....	50
4.4.1.4.2	Costo de disposición final .....	50
4.4.1.4.3	Costo de disposición final en el tiempo.....	51
4.4.1.5	Ventajas y Desventajas del Relleno Sanitario .....	52
4.4.1.5.1	Ventajas .....	52
4.4.1.5.2	Desventajas.....	52
4.4.2	Planta de gasificación.....	53
4.4.2.1	Elementos que integran la planta de gasificación.....	53
4.4.2.2	Mecanismo de operación.....	53
4.4.2.2.1	Especificaciones de la planta.....	54
4.4.2.3	Costo de inversión y disposición final.....	55
4.4.2.3.1	Costo de disposición final .....	56
4.4.2.3.2	Costo de disposición final en el tiempo.....	56
Tabla 14.	Resumen de costos planta de gasificación en el tiempo.....	57
4.4.2.4	Ventajas y Desventajas de la planta de Gasificación .....	57
4.4.2.4.1	Ventajas de la Gasificación .....	57
4.4.2.4.2	Desventajas de la gasificación.....	58
4.4.3	Relleno Sanitario versus Gasificación.....	59
CAPÍTULO V	.....	61
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	61
5.1	CONCLUSIONES.....	61
5.2	RECOMENDACIONES .....	63
CAPÍTULO VI	.....	64

6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64
6.1	BIBLIOGRAFÍA .....	64
6.2	WEBGRAFÍA.....	65
CAPÍTULO VII.....		66
7.	ANEXOS.....	66

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores que influyen en la composición de residuos sólidos .....	12
Tabla 2. Rangos de humedad de algunos residuos .....	15
Tabla 3. Datos típicos sobre peso específico y contenido de humedad para los rsu .....	16
Tabla 4. Datos de poder calorífico típico de varios tipos de residuos .....	18
Tabla 5. Composición de lixiviados en rellenos sanitarios .....	22
Tabla 6. Distribución porcentual típica de gases de rellenos sanitarios durante los primeros 48 meses	23
Tabla 7. Principales elementos de la gasificación .....	28
Tabla 8. Actividad económica según rama de actividad .....	42
Tabla 9. Caracterización de residuos del cantón Santa Elena.....	45
Tabla 10. Proyección de la población inmersa y generación de desechos para el proyecto.....	47
Tabla 11. Resumen de costos para el relleno sanitario El Tambo .....	50
Tabla 12. Costo por tonelada durante los siguientes 14 años de operación .....	51
Tabla 13. Resumen de costos planta de gasificación .....	56
Tabla 15. Datos comparativos, relleno sanitario/planta de gasificación .....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composición de los residuos sólidos urbanos.....	13
Figura 2. Proceso general de gasificación greene .....	33
Figura 3. Vista del reactor .....	34
Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de gasificación .....	36
Figura 5. Vista módulo de la planta de gasificación y tratamiento de gases.....	37
Figura 6. Mapa del cantón santa elena .....	41
Figura 7. Ubicación del proyecto .....	46
Figura 8. Análisis económico - inversión.....	59
Figura 9. Costo tonelada.....	59



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Glosario de términos.....	66
Anexo B: Presupuesto de los estudios y diseños definitivos para la gestión integral de desechos sólidos de la mancomunidad Santa Elena.....	69
Anexo C: Presupuesto modificado para el cantón Santa Elena.....	78
Anexo D: Business Plan del proceso de gasificación .....	87
Anexo E: Hoja de vida .....	91

## INTRODUCCIÓN

Una de las consecuencias negativas del crecimiento poblacional y de los avances tecnológicos en su afán de cumplir con las necesidades de una sociedad consumista es la generación de desechos, que se ha convertido en uno de los problemas más inquietantes para la sociedad, principalmente para las autoridades que tienen la competencia de enfrentarlos y proporcionar seguridad y calidad de vida a sus gobernados.

La gravedad de este problema es que a pesar de tantos esfuerzos, el inadecuado manejo de los desechos aún se refleja en nuestro país, es así que todavía existen muchos botaderos a cielo abierto en donde la contaminación es evidente, afectando a cuerpos de agua (agua superficial y subterránea), suelo, aire y sobre todo la salud de la población debido a la transmisión de enfermedades por la presencia de vectores (indicadores de contaminación).

La gestión integral de residuos sólidos es uno de los servicios básicos, además del agua potable, alcantarillado, electricidad, que la población debería recibir con una cobertura del 100% en todo el territorio nacional.

El proyecto se enfoca principalmente en analizar la situación actual de la disposición final de los residuos sólidos y en base a esto investigar la factibilidad de aplicación de métodos alternativos de gestión de residuos estableciendo comparaciones técnicas, económicas y ambientales.

El documento se desarrolla en varios capítulos que se los detalla a continuación:

El capítulo I muestra el problema de investigación, y cómo los ineficientes sistemas de disposición final de desechos por falta de recursos o gestión apropiada en nuestro país sigue siendo una de las problemáticas que afectan a la sociedad en general; en consecuencia se establece la justificación para la realización del proyecto y los objetivos que se pretende cumplir. Además abarca el marco institucional, legal y ético.

El capítulo II está conformado por el desarrollo del marco teórico describiendo los aspectos más relevantes del relleno sanitario y de la gasificación.

El capítulo III muestra el tipo de estudio, diseño metodológico y la técnica de recopilación de información.

El capítulo IV, desarrolla un estudio de caso tomando como referencia al municipio del cantón Santa Elena y donde se compara la implementación de un relleno sanitario respecto a una planta de gasificación.

El capítulo V describe las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó con la culminación de este trabajo.

El capítulo VI enumera toda la bibliografía y webgrafía consultada para este trabajo.

El capítulo VII consta de anexos que respaldan la información expuesta o tomada como referencia en este documento.

## **ABREVIATURAS Y SIGLAS**

**AME:** Asociación de Municipalidades del Ecuador

**COOTAD:** Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización.

**DQO:** Demanda Química de Oxígeno

**GADs:** Gobiernos Autónomos Descentralizados

**GIRS:** Gestión Integral de Residuos Sólidos

**IEOS:** Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias

**INEC:** Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

**MAE:** Ministerio de Ambiente del Ecuador

**MIDUVI:** Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda

**OMS:** Organización Mundial de la Salud

**OPS:** Organización Panamericana de la Salud

**PCI:** Poder Calorífico Inferior

**PCS:** Poder Calorífico Superior

**PNGIDS:** Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos

**PPC:** Producción Per Cápita

**RSU:** Residuos Sólidos Urbanos

**TULSMA:** Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente

## **CAPÍTULO I**

### **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA**

¿Es posible aplicar otra técnica de disposición para los desechos sólidos como alternativa al manejo convencional de los mismos?

#### **1.2 ENUNCIADO DEL TEMA**

“COMPARACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DEL MANEJO CONVENCIONAL DE DESECHOS SÓLIDOS VERSUS GASIFICACIÓN PARA POBLACIONES MENORES A 200.000 HABITANTES”

#### **1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

En el país han sido varias las entidades que de una u otra manera tomaron la responsabilidad de lidiar con el problema de manejo y gestión de desechos sólidos, entre ellas tenemos: el desaparecido Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias [IEOS], que luego pasó a formar parte del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda [MIDUVI], Banco del Estado, Asociación de Municipalidades del Ecuador [AME], en la actualidad la competencia la tiene el Ministerio del Ambiente [MAE].

A diario las ciudades generan grandes cantidades de desechos, generalmente la mayor cantidad son desechos orgánicos, que podrían convertirse en compost pero la demanda de éste es muy baja, por lo tanto no se aprovecha al máximo y lamentablemente terminan en los rellenos sanitarios ocupando un espacio que podría ser aprovechado por otro tipo de desechos para los que fueron diseñados.

*"Desde el año 2002 hasta el 2010 la situación a nivel nacional no ha variado significativamente, de un total de 221 municipios 160 disponían sus desechos en botaderos a cielo abierto, perjudicando y*

*contaminando los recursos suelo, agua y aire; con la consiguiente afectación a la salud de la población y en especial de los grupos de minadores que trabajaban en condiciones inadecuadas. Los restantes 61 municipios, presentaban un manejo de sus desechos con insuficientes criterios técnicos, en sitios de disposición final parcialmente controlados".<sup>1</sup>*

*"Con el fin de que las inoperantes prácticas que actualmente se utilizan para el manejo de los residuos sólidos, se lleven a efecto en forma más eficiente, con mayor sostenibilidad económica, con equidad social y con sustentabilidad ambiental, es necesario fortalecer la gestión de los residuos sólidos en el Ecuador, considerando para ello, las diferentes áreas temáticas involucradas, como son la participación del Estado, la economía del sector, el marco legal, la gestión ambiental, el componente de salud y la participación de la sociedad en general".<sup>2</sup>*

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Comparar técnica, económica y ambientalmente el manejo convencional de desechos sólidos versus gasificación en poblaciones menores a 200.000 habitantes, para determinar alternativas de manejo de desechos sólidos.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Analizar la situación actual del país referente a la disposición final de residuos sólidos para establecer un marco referencial.
- ❖ Analizar la gasificación como otra alternativa de disposición final de los residuos, para promover otros mecanismos alternativos de gestión.
- ❖ Ejecutar un estudio de caso para que sirva como referencia de alternativa de disposición final de desechos sólidos.
- ❖ Establecer lineamientos en cuanto a ventajas y desventajas de las alternativas de disposición final, para evaluar cuál de las alternativas es técnica, económica y ambientalmente viables en el país.

---

<sup>1</sup> PNGIDS, MAE, página web: <http://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>

<sup>2</sup> Análisis Sectorial de Residuos Ecuador, OPS/OMS, Mayo 2002.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

El Programa Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos del Ministerio del Ambiente tiene el objetivo de impulsar la gestión de los residuos sólidos en los municipios del Ecuador, con un enfoque integral y sostenible; con la finalidad de disminuir la contaminación ambiental, mejorando la calidad de vida de los ciudadanos e impulsando la conservación de los ecosistemas; a través de estrategias, planes y actividades de capacitación, sensibilización y estímulo a los diferentes actores relacionados.

Por tal motivo este proyecto pretende realizar un análisis comparativo en cuanto al manejo convencional de desechos sólidos a través de rellenos sanitarios frente a la gasificación.

La indagación desea establecer diferencias técnicas, económicas y ambientales en base a tipo de desechos, producción per cápita y población; que ayudará a determinar si es factible mejorar la disposición tradicional y/o intercambiarla con otra tecnología.

## **1.6 HIPÓTESIS**

El uso de la gasificación puede ser aplicable en el país, en comparación a la disposición final realizada a través de los rellenos sanitarios.

## **1.7 MARCO INSTITUCIONAL**

### **MINISTERIO DEL AMBIENTE**

#### **Misión**

*"Ejercer de forma eficaz y eficiente la rectoría de la gestión ambiental, garantizando una relación armónica entre los ejes económicos, social, y ambiental que asegure el manejo sostenible de los recursos naturales estratégicos".*

#### **Visión**

*"Lograr que el Ecuador use sustentablemente sus recursos naturales estratégicos para alcanzar el Buen Vivir".<sup>3</sup>*

---

<sup>3</sup> <http://www.ambiente.gob.ec/>

## **PROGRAMA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS SÓLIDOS**

### **Finalidad del proyecto**

*"Contribuir a la minimización del impacto ambiental generado por el mal manejo de los residuos sólidos urbanos y mejorar la calidad de vida de la población del país, mediante la implementación de procesos de gestión integral de los desechos sólidos".*

### **Metas**

*"Las metas establecidas para el 2017 por el PNGIDS se enfocan en la reducción y aprovechamiento de residuos en cada etapa de la cadena de valor de manera que la situación actual cambie, así en cuanto a la generación de residuos la meta es la generación de políticas de reducción de residuos, en cuanto a la recolección y barrido la meta es llegar a un 60% en lo rural y un 90% en lo urbano frente al 40% en lo rural y un 67% en lo urbano de la actualidad, en cuanto a la disposición final la meta es eliminar los botaderos y optimizar los rellenos sanitarios, actualmente los desechos se disponen el 20% en rellenos sanitarios y el 80% en botaderos".<sup>4</sup>*

## **1.8 MARCO LEGAL**

### **❖ CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. PUBLICADA EN EL REGISTRO OFICIAL NO. 449 DEL 20 DE OCTUBRE DE 2008.**

**Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

**Art. 264.-** Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

4. Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

**Art. 415.-** El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo, que permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e incentiven el establecimiento de zonas verdes.

---

<sup>4</sup> <http://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>



Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos.

**❖ LEY ORGÁNICA DE SALUD. LEY 67, REGISTRO OFICIAL SUPLEMENTO 423 DE 22 DE DICIEMBRE DEL 2006.**

**Art. 7.-** Toda persona, sin discriminación por motivo alguno, tiene en relación a la salud, los siguientes derechos:

c) Vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación;

**Art. 97.-** La autoridad sanitaria nacional dictará las normas para el manejo de todo tipo de desechos y residuos que afecten la salud humana; normas que serán de cumplimiento obligatorio para las personas naturales y jurídicas.

**Art. 98.-** La autoridad sanitaria nacional, en coordinación con las entidades públicas o privadas, promoverá programas y campañas de información y educación para el manejo de desechos y residuos.

**Art. 100.-** La recolección, transporte, tratamiento y disposición final de desechos es responsabilidad de los municipios que la realizarán de acuerdo con las leyes, reglamentos y ordenanzas que se dicten para el efecto, con observancia de las normas de bioseguridad y control determinadas por la autoridad sanitaria nacional. El Estado entregará los recursos necesarios para el cumplimiento de lo dispuesto en este artículo.

**❖ LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL. CODIFICACIÓN 19, REGISTRO OFICIAL SUPLEMENTO 418 DE 10-SEP-2004.**

**Art. 2.-** La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales.

**Art. 19.-** Las obras públicas, privadas o mixtas, y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control, conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio.

**Art. 25.-** La Contraloría General del Estado podrá, en cualquier momento, auditar los procedimientos de realización y aprobación de los estudios y evaluaciones de impacto ambiental, determinando la validez y eficacia de éstos, de acuerdo con la Ley y su Reglamento Especial. También lo hará respecto

de la eficiencia, efectividad y economía de los planes de prevención, control y mitigación de impactos negativos de los proyectos, obras o actividades. Igualmente podrá contratar a personas naturales o jurídicas privadas para realizar los procesos de auditoría de estudios de impacto ambiental.

**❖ LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.  
CODIFICACIÓN 20, REGISTRO OFICIAL SUPLEMENTO # 418, 10-9-2004.**

**Art. 11.-** Para los efectos de esta Ley, serán considerados como fuentes potenciales de contaminación, las sustancias radioactivas y los desechos sólidos, líquidos, o gaseosos de procedencia industrial, agropecuaria, municipal o doméstica.

**Art. 13.-** El Ministerio de Salud, en coordinación con las municipalidades, planificará, regulará, normará, limitará y supervisará los sistemas de recolección, transporte y disposición final de basuras en el medio urbano y rural.

**❖ CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMÍA Y  
DESCENTRALIZACIÓN. SUPLEMENTO DEL RO. 303 DE 19 DE OCTUBRE DE  
2010.**

**Art. 55.-** Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal.- Los gobiernos autónomos descentralizados municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley: d) Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

**Art. 136.-** Ejercicio de las competencias de gestión ambiental.- De acuerdo con lo dispuesto en la Constitución, el ejercicio de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación,... Los gobiernos autónomos descentralizados municipales establecerán, en forma progresiva, sistemas de gestión integral de desechos, a fin de eliminar los vertidos contaminantes en ríos, lagos, lagunas, quebradas, esteros o mar, aguas residuales provenientes de redes de alcantarillado, público o privado, así como eliminar el vertido en redes de alcantarillado.

**Art. 431.-** De la gestión integral del manejo ambiental.- Los gobiernos autónomos descentralizados de manera concurrente establecerán las normas para la gestión integral del ambiente y de los desechos contaminantes que comprende la prevención, control y sanción de actividades que afecten al mismo.

❖ **TULSMA. NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL. REGISTRO OFICIAL, 068 DEL 31 DE JULIO DEL 2013.**

**Libro VI. Art. 45.- Principios Generales:** Toda acción relacionada a la gestión ambiental deberá planificarse y ejecutarse sobre la base de los principios de sustentabilidad, equidad, consentimiento informado previo, representatividad validada, coordinación, precaución, prevención, mitigación y remediación de impactos negativos, solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, reciclaje y reutilización de desechos, conservación de recursos en general,...

## **1.9 MARCO ÉTICO**

El presente trabajo pretende ser un aporte técnico para el PNGIDS en la toma de decisiones en cuanto al manejo a la búsqueda de alternativas de disposición final de desechos sólidos en el país. La información brindada por los técnicos del programa será de uso exclusivo para el desarrollo de este documento, sin fines de lucro, ni profesionales; tampoco se viola los derechos de la naturaleza.

## **1.10 MARCO REFERENCIAL**

### **1.10.1 Antecedentes**

Según datos del último censo de Población y Vivienda del año 2010, la población del Ecuador con 14.483.499 millones de habitantes, solo un 77% elimina sus desechos por medio de los carros recolectores, el 23% que resta se deshace de los desechos a través de terrenos baldíos, quebradas, en ríos, acequias, canales o quemándolos y enterrándolos. Si bien es cierto existen sitios donde su acceso es complicado, no deslinda la responsabilidad para manejar adecuadamente los desechos.

La fracción que no se recolecta contribuye a la creación de pequeños botaderos que funcionan descontroladamente; el problema se hace más evidente especialmente en el área rural. Otra modalidad de operación altamente irresponsable es que los desechos recogidos por los carros recolectores tienen como destino final los ríos, lo que determina la gestión ineficiente de ciertos municipios para ejercer sus competencias.

Según datos del PNGIDS determina que solo un 24% de los GAD's tienen procesos de separación en la fuente, el 26% en recuperación de materia orgánica, y 32% recolección selectiva de desechos

hospitalarios. El 73,4% de los vehículos de recolección del país son compactadores y se tiende a no utilizar equipos abiertos. El 70% de los equipos han superado su vida útil de 10 años.

*"Solo el 28% de los residuos son dispuestos en rellenos sanitarios, sitios inicialmente controlados que con el tiempo y por falta de estabilidad administrativa y financiera, por lo general, terminan convirtiéndose en botaderos a cielo abierto. El 72% de los residuos restante es dispuesto en botaderos a cielo abierto (quebradas, ríos, terrenos baldíos), que provocan inconvenientes e impactos de diferente índole como taponamiento de cauces de agua y alcantarillados, generación de olores desagradables, contaminación del agua, inestabilidad de botaderos, proliferación de insectos y roedores; que traen consigo problemas ambientales y de salud a la población.*

*Actualmente la generación de residuos en el país es de 4,06 millones de toneladas métricas al año y una generación per cápita de 0,74 kg. Se estima que para el año 2017 el país generará 5,4 millones de toneladas métricas anuales, por lo que se requiere de un manejo integral planificado de los residuos".<sup>5</sup>*

---

<sup>5</sup> <http://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO CONCEPTUAL

#### 2.1 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

La composición de los RSU es diversa y depende de varios factores:

- ❖ Costumbres
- ❖ Poder de adquisición
- ❖ Grado de desarrollo y cultura de las ciudades, determinada por la categoría de urbano y rural.
- ❖ Clima, referente a la época del año.
- ❖ Día de la semana.

En función de esta información se toma en cuenta el método a utilizarse para tratar los residuos.

La siguiente tabla muestra factores que influyen en la composición de los residuos sólidos:

**Tabla 1.** Factores que influyen en la composición de residuos sólidos

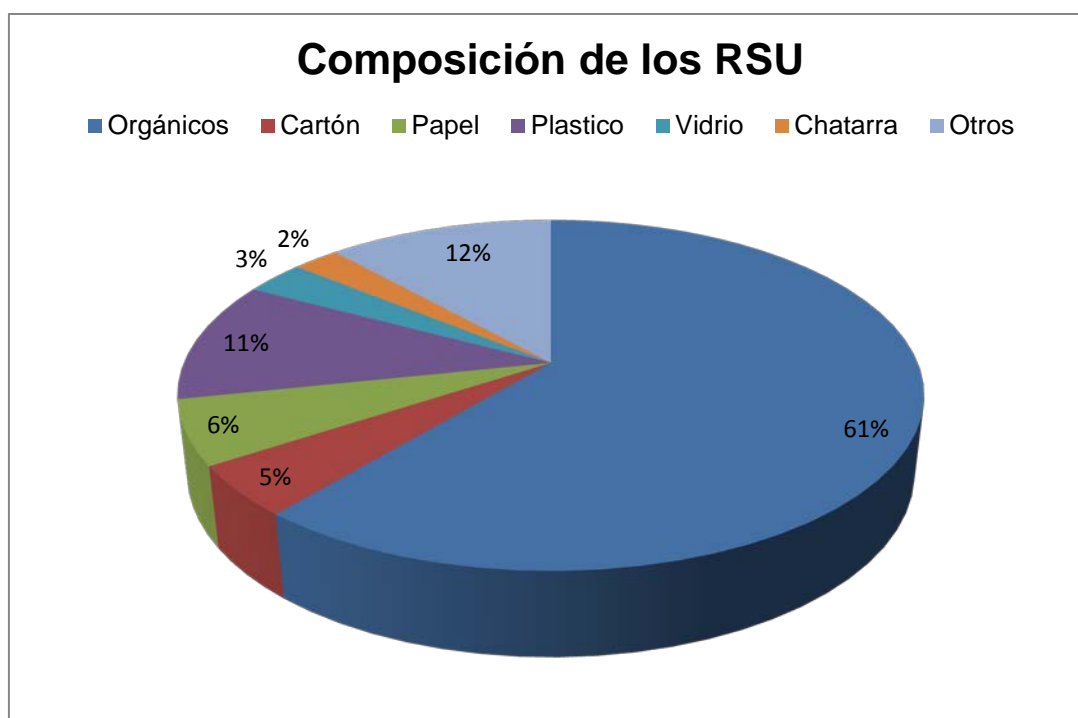
Factores		Influencia
General	Específicos	
Clima	Lluvia	❖ Aumenta el contenido de humedad
Épocas especiales	Navidad/Año Nuevo	❖ Aumento de embalajes (papel, cartón, plástico, metal) ❖ Aumento de materia orgánica ❖ Aumento de envases de bebidas (latas, botellas de vidrio, tetra pack)
	Vacaciones escolares	❖ Disminución de población en áreas de ciudades no turísticas ❖ Aumento de población en lugares turísticos
	Otras festividades	❖ Aumento de envases de bebidas (latas, botellas de vidrio, tetra pack)
Demografía	Población urbana	❖ A mayor población, mayor es la generación per cápita

<b>Socioeconómico</b>	Poder adquisitivo	❖ Más alto el poder adquisitivo de la población, la proporción de materia reciclable es más alta y la de materia orgánica es más baja
	Poder adquisitivo (mensual)	❖ Mayor consumo de productos superfluos en fechas cercanas al pago de suelo
	Poder adquisitivo (semanal)	❖ Mayor consumo de productos superfluo durante fines de semana
	Desarrollo tecnológico	❖ Materiales más livianos que reducen el peso específico aparente de residuos
	Fomento de establecimientos comerciales	❖ Aumento de embalajes

**Fuente:** Monteiro et al., 2006

Según el Programa Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos (s/f), en Ecuador, aproximadamente el 61% de los desechos sólidos corresponden a orgánicos, el 5% es cartón, el 6% papel, un 11% plástico, el 3% es vidrio, el 2% chatarra y finalmente un 12% otros desechos.

**Figura 1.** Composición de los residuos sólidos urbanos



**Fuente:** PNGIDS, 2013

**Elaboración:** Diana Ruales

## **2.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

Cuando se trabaja con residuos sólidos es preciso conocer sus propiedades y características, como base para diseñar, planificar o modificar mecanismos de gestión de los mismos.

Los residuos resultan tener características heterogéneas, influenciados por las condiciones climáticas del área de estudio.

### **2.2.1 Propiedades físicas**

#### **2.2.1.1 Humedad**

La humedad de los residuos sólidos urbanos es muy variable, no obstante, se puede limitar el grado de humedad de los residuos sólidos urbanos a un margen comprendido entre el 25 y el 60%, dependiendo de factores como la composición de los residuos, la humedad de las fracciones que lo componen y las condiciones meteorológicas. Un valor medio de humedad de estos residuos oscila en torno al 40%.<sup>6</sup>

Los residuos orgánicos, son los más húmedos y se descomponen con facilidad y por la cantidad de materiales que incorporan al medio se utilizan generalmente para tareas de compostaje. Los inorgánicos por el contrario, son generalmente secos aunque algunas sustancias químicas que los componen, tienen un alto poder higroscópico por lo que absorben la humedad, favoreciendo el proceso de descomposición de otros elementos que estén a su alrededor y provocando reacciones químicas colaterales en las que se pueden formar otros agentes contaminantes. Debido a esta propiedad de los RSU es que se requiere rapidez en su recogida.<sup>7</sup>

La importancia de conocer el grado de humedad en la gestión de los residuos sólidos urbanos se basa en el hecho de la generación de lixiviados. De igual forma, será determinante a la hora de aplicar tratamientos de incineración y recuperación energética o procesos de separación en la planta de reciclaje.

Otro inconveniente que supone el alto grado de humedad de los residuos sólidos urbanos es el de la absorción de humedad por parte de otros residuos secos.

---

<sup>6</sup> UNICEN. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería. Recuperado de: <http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/esantall/q37.0/Clase%206%20-Residuos/GESTION%20INTEGRAL%20DE%20RESIDUOS.pdf>. Pág. 16

<sup>7</sup> Fernández, A., & Sánchez-Osuna, H. (2007). Guía para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos. Recuperado de: [http://www.unido.org/fileadmin/import/72852\\_Gua\\_Gestin\\_Integral\\_de\\_RSU.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/import/72852_Gua_Gestin_Integral_de_RSU.pdf). Pág. 19

**Tabla 2.**Rangos de humedad de algunos residuos

Componente	Por ciento de Humedad	
	Rango	Típico
Desechos de alimentos	50 – 80	70
Papel	4 -10	6
Cartón	4 - 8	5
Plásticos	1 - 4	2
Textiles	6 -15	10
Desechos de jardín	30 - 80	60
Madera	15 - 40	20
Vidrio	1 - 4	2
Desechos sólidos municipales	15 - 40	20

**Fuente:** Tchobanoglous, Theissen & Eliassen. 1982

**Elaboración:** Diana Ruales

#### **2.2.1.2 Densidad - Peso Específico**

Este parámetro influye sobre los medios de recogida y sobre las posibilidades de tratamiento. El peso específico de las sustancias que encontramos en los RSU, varía notablemente de unos a otros de ahí que existan diferentes técnicas para la separación y clasificación de los elementos, así como de los medios de transportación más idóneos para cada caso, según el volumen recogido.



**Tabla 3.** Datos Típicos sobre Peso Específico y Contenido de Humedad para los RSU

	<b>PESO ESPECÍFICO (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>CONTENIDO DE HUMEDAD, % EN PESO</b>	
<b>TIPO DE RESIDUO</b>	<b>RANGO</b>	<b>TÍPICO</b>	<b>RANGO</b>	<b>TÍPICO</b>
<b>DOMÉSTICOS (NO COMPACTADOS)</b>				
Residuos de comida mezclados	131- 481	291	50-80	70
Papel	42-131	89	4-10	6
Cartón	42-80	50	4-8	5
Plásticos	42-131	65	1-4	2
Textiles	42-101	65	6-15	10
Gomas	101-202	131	1-4	2
Residuos de jardín	59-225	101	30-80	60
Madera	131-320	237	15-40	20
Vidrio	160-481	196	1-4	2
Suciedad, cenizas, etc.	320-1.000	481	6-12	8
Cenizas	650-831	745	6-12	6
Basuras	89-181	131	5-20	15
<b>RESIDUOS DE JARDÍN DOMÉSTICO</b>				
Hojas sueltas y secas	30-148	59	20-40	30
Hierba verde suelta y humedad	208-297	237	40-80	60
Hierba verde humedad y compactada	593-831	593	50-90	80
Residuos de jardín triturados	267-356	297	20-70	50
Residuos de jardín compostados	267-386	326	40-60	50
<b>URBANOS</b>				
En camión compactados	178-451	297	15-40	20
<b>EN VERTEDERO</b>				
Medianamente compactados	362-498	451	15-40	25
Bien compactados	590-742	600	15-40	25
<b>COMERCIALES</b>				
Residuos de comida húmedos	475-950	540	50-80	70
Aparatos	148-202	181	0-2	1
Cajas de madera	110-160	110	10-30	20
Podas de árboles	101-181	148	20-80	5
Basura combustible	50-181	119	10-30	15
Basura no combustible	181-362	300	5-15	10
Basura mezclada	139-181	160	10-25	15
<b>AGRÍCOLAS</b>				
Agrícolas mezclados	400-751	561	40-80	50
Animales muertos	202-498	359	-	-
Residuos de frutas mezcladas	249-751	359	60-90	75
Estiércol húmedo	899-1.050	1.000	75-96	94
Residuos de vegetales mezclados	202-700	359	60-90	75

**Fuente:** <http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/3066/1/GESTIONINTEGRAL.pdf>

**Elaboración:** Diana Ruales

### **2.2.1.3 Tamaño de la partícula**

Esta característica determina en el caso de la materia orgánica la posibilidad de fabricar compost; entre más triturada se encuentre la materia orgánica, mejor es el trabajo de los microorganismos.

Adicionalmente el tamaño de los componentes determina las dimensiones de los sistemas de gestión de residuos, por ejemplo la recolección o los procesos mecánicos de separación.

## **2.2.2 Propiedades químicas**

Las propiedades químicas determinan la capacidad de los residuos para ser procesados, recuperados, en base a estas se estudia la posibilidad de producir compost, disponerlos en rellenos sanitarios, u optar por otro tipo de tecnología de disposición final.

### **2.2.2.1 Solubilidad**

Los contaminantes generados por los residuos sólidos pueden ingresar al suelo y acuíferos; algunos son liposolubles y pueden acumularse en el tejido adiposo de animales y del hombre, el riesgo está en que pueden formar parte de las cadenas alimenticias provocando enfermedades.

### **2.2.2.2 Poder calorífico**

Durante la descomposición de los RSU, el desprendimiento de energía en forma de calor es elevado y su valor depende de la cantidad y el tipo de sustancia que se descompone, este aumento de temperatura promueve otras reacciones colaterales en la que otros elementos, térmicamente inestables, también se descomponen, contribuyendo a la putrefacción de los residuos y generando condiciones de insalubridad. El poder calorífico inferior [PCI] de los RSU varía entre 800 y 1600 kcal/kg, elemento a tener en cuenta para la generación de energía eléctrica a partir de éstos.

**Tabla 4.** Datos de poder calorífico típico de varios tipos de residuos

TIPO DE RESIDUO	CONTENIDO ENERGÉTICO (Kcal/kg)	
	Residuos recogidos	Residuos seco
Restos de comida		
Grasas	8.964	9.148
Mezclas de comida	998	3.989
Residuos de frutas	948	4.452
Residuos de carne	4.235	6.919
Papel y derivados		
Cartón	3.912	4.127
Revistas	2.919	3.043
Periódicos	4.431	4.713
Papel mezclado	3.777	4.206
Cartones encerados	6.292	6.513
Plásticos		
Plásticos mezclados	7.834	7.995
Polietileno	10.382	10.402
Poliestireno	9.122	9.140
Poliuretano	6.224	6.237
PVC	5.419	5.430
Maderas		
Residuos de jardín	1.445	3.613
Madera verde	1.167	2.333
Maderas duras	4.084	4.641
Madera mezclada	3.689	4.620
RSU domésticos	2.778	3.472
RSU comerciales	3.056	3.594
RSU	2.556	3.194

**Fuente:** <http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/3066/1/GESTIONINTEGRAL.pdf>

**Elaboración:** Diana Ruales

### 2.2.2.3 Relación Carbono/Nitrógeno

En el caso de optar por la fabricación de compost, la relación es una propiedad que se debe tomar en cuenta; la materia orgánica está conformada por carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno.

La relación carbono/nitrógeno precisa las propiedades ácidas o básicas determinantes en la calidad del compost. El valor óptimo de la relación Carbono/Nitrógeno para labores de compostaje está entre 25 y 30, puesto que con valores superiores a esta cifra, el compost resultante no es óptimo para el desarrollo de los cultivos.

### **2.2.3 Propiedades biológicas**

#### **2.2.3.1 Biodegradabilidad**

Capacidad que tienen las fracciones orgánicas en degradarse por acción de microorganismos, los restos de comida y de jardinería se degradan mucho más en comparación al papel y cartón que sufren un proceso más lento.

## **2.3 MÉTODOS PARA LA DISPOSICIÓN FINAL**

Este documento se enfocará exclusivamente en analizar dos métodos de disposición final: Relleno Sanitario y Gasificación.

### **2.3.1 Relleno Sanitario**

El relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo que no causa molestia ni peligro para la salud o la seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de su clausura. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más estrecha posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica.<sup>8</sup>

#### **2.3.1.1 Tipos de Relleno Sanitario**

En el país generalmente se operan rellenos semimecanizados o manuales.

##### **2.3.1.1.1 Relleno Sanitario Semimecanizado**

Diseñado para poblaciones que generen entre 16 y 40 toneladas diarias. El uso de maquinaria ayuda en la operación manual, garantizando una mejor compactación, estabilización de terraplenes y alargar la vida útil del relleno.

El tipo de maquinaria empleada estará en función de las necesidades operativas y el presupuesto destinado para este fin.

---

<sup>8</sup> Jaramillo, J. (2002). Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. (en colaboración OPS/CEPIS) Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/e/fulltext/rellenos/rellenos.pdf>. Cap. 3

#### **2.3.1.1.2 Relleno Sanitario Manual**

Generalmente se lo emplea para pequeñas poblaciones que al día generan hasta 15 toneladas al día. El uso de maquinaria significa un costo elevado que no siempre puede ser asumido; por ello la operación dependerá de una cuadrilla de trabajadores y herramientas sencillas.

#### **2.3.1.2 Métodos de Operación de Rellenos Sanitarios**

Influenciado por las características topográficas, tipo de suelo, nivel freático, accesibilidad, disponibilidad de material de cobertura.

##### **2.3.1.2.1 Método de Zanja o Trinchera**

Método aplicable para terrenos planos, con una pendiente inferior al 3%. Se excavan en el suelo fosas o trincheras donde los residuos serán depositados; la profundidad de excavación estará en función de la maquinaria que se vaya a utilizar, para evitar riesgos operativos.

Las trincheras deben estar perfectamente conformadas, es decir, estables, descartando derrumbes durante la construcción y operación.

El material de cobertura puede ser extraído del mismo sitio, una de sus ventajas es que los residuos con confinados en su totalidad.

La excavación de las trincheras es aplicable en sitios donde el nivel freático no es demasiado superficial por lo que debe existir entre el nivel freático y la cota prevista para el fondo de la trinchera una altura de al menos un metro en material semipermeable.

Para definir las condiciones hidrológicas y geomecánicas de los suelos se requiere efectuar estudios de suelos y prospección geofísica.

##### **2.3.1.2.2 Método de Área/Rampa**

Se utiliza en terrenos con pendientes entre el 3% y el 25%. Los residuos se disponen conformando rampas o plataformas que pueden alcanzar varios metros.

Por este método es más fácil recolectar el lixiviado, las aguas lluvias se pueden controlar mejor evitando mayor generación de lixiviados.

Se debe tener especial cuidado en que no se descubran las plataformas por acción del clima.

### **2.3.1.3 Emisiones de un Relleno Sanitario**

#### **2.3.1.3.1 Emisiones Olfatorias**

El sentido del olfato es sensible a las siguientes manifestaciones:

- ❖ Emisiones de los desechos descargados
- ❖ Olores de lixiviados
- ❖ Olores de los gases
- ❖ Olores generados por otras actividades (compostaje, reciclaje)

#### **2.3.1.3.2 Lixiviados**

El lixiviado se puede definir como el líquido que ha percolado a través del desecho sólido y ha extraído materiales disueltos o suspendidos de ellos.

Estos líquidos tienen como características principales valores de DQO muy altos, así como sólidos suspendidos. Dependiendo del tipo de desechos que se disponga en la composición se puede encontrar metales pesados.

En el caso de la DQO, ésta puede alcanzar valores entre 50 a 60.000 mg/l, haciendo difícil y sobre todo costoso su tratamiento.

Por su naturaleza es imprescindible su tratamiento; para captarlos se usan drenes de fondo e intermedios para evitar la sobresaturación y garantizar la estabilidad de la masa de los residuos.

##### **2.3.1.3.2.1 Composición de los lixiviados**

Los datos que se expresan a continuación son referenciales; los lixiviados están en función de la cantidad de agua externa que ingresa al relleno.

**Tabla 5.** Composición de lixiviados en rellenos sanitarios

Constituyente	Valor mg/l	
	Rango <sup>+</sup>	Típico
DBO <sub>5</sub> (Demanda bioquímica de oxígeno, 5)	2.000 - 30.000	1.000
COT (Carbón orgánico total)	1.500 - 20.000	6.000
DQO (Demanda química de oxígeno)	3.000 - 45.000	18.000
Sólidos suspendidos totales	200 - 1.000	500
Nitrógeno orgánico	100 - 600	200
Nitrógeno amoniacal	10 - 800	200
Nitrato	5 - 40	25
Fósforo total	1 - 70	30
Orto-fósforo	1 - 50	20
Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub>	1.000 - 10.000	3.000
pH	5,3 - 8,5	6
Dureza total como CaCO <sub>3</sub>	300 - 10.000	3.500
Calcio	200 - 3.000	1.000
Magnesio	50 - 1.500	250
Potasio	200 - 2.000	300
Sodio	200 - 2.000	500
Cloruro	100 - 3.000	500
Sulfato	100 - 1.500	300
Hierro total	50 - 600	60

+ Rango representativo de valores

**Fuente:** Tchobanoglous, Theissen & Eliassen, 1982

**Elaboración:** Diana Ruales

### 2.3.1.3.3 Gases

En los rellenos generalmente se han identificado los siguientes gases: amoníaco, dióxido de carbono, monóxido de carbono, ácido sulfhídrico, metano, nitrógeno, oxígeno e hidrógeno.

#### 2.3.1.3.3.1 Distribución de Gases en el Relleno

El porcentaje inicial elevado de dióxido de carbono es resultado de la descomposición aerobia, la descomposición aerobia continúa ocurriendo hasta que el oxígeno del aire, inicialmente presente en los desechos compactados, se agota; después de eso procederá la descomposición anaerobia. Como se muestra en la tabla 6, después de alrededor de 18 meses la composición del gas permanece razonablemente constante. Si el relleno no está ventilado sería de esperar que el porcentaje de metano

aumente a largo plazo, debido a que el dióxido de carbono se difundirá en el estrato debajo del relleno.<sup>9</sup>

**Tabla 6.** Distribución porcentual típica de gases de rellenos sanitarios durante los primeros 48 meses

Intervalo de tiempo desde que se inició la terminación de la celda, meses	Porcentaje promedio en volumen		
	Nitrógeno N <sub>2</sub>	Dióxido de carbono CO <sub>2</sub>	Metano CH <sub>4</sub>
0 - 3	5,2	88	5
3 - 6	3,8	76	21
6 - 12	0,4	65	29
12 - 18	1,1	52	40
18 - 24	0,4	53	47
24 - 30	0,2	52	40
30 - 36	1,3	46	51
36 - 42	0,9	50	47
42 - 48	0,4	51	48

**Fuente:** Tchobanoglous, Theissen & Eliassen, 1982

**Elaboración:** Diana Ruales

#### **2.3.1.4 Impactos ambientales provocados por el manejo inadecuado de residuos sólidos**

##### **2.3.1.4.1 Agua**

Los lixiviados no recuperados y el vertido de basura afecta a cuerpos de agua subterráneos y artificiales.

El agua se contamina por la presencia de materia orgánica; bacterias, protozoos aumentan en número por la descomposición y consumen gran cantidad de oxígeno necesario para el desarrollo de la vida acuática normal; generalmente el agua se vuelve turbia y emana malos olores.

##### **2.3.1.4.2 Suelo**

La contaminación ocurre por varios elementos, entre ellos los lixiviados, éstos pueden infiltrarse y afectar la productividad del suelo, además de eliminar la micro fauna que en él habita.

<sup>9</sup>Tchobanoglous, G., Theissen, H., & Eliassen, R. (1982). Desechos Sólidos, Principios de Ingeniería y Administración. Cap. 10



#### **2.3.1.4.3 Aire**

La descomposición de residuos generan alguno gases, entre los más importantes.

- ❖ Metano ( $\text{CH}_4$ )
- ❖ Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )

#### **2.3.1.5 Rellenos sanitarios con perspectiva futura**

A pesar de que la práctica de disponer los residuos sólidos urbanos en rellenos sanitarios es, por ahora, la solución más generalizada para atender la problemática que representan, la legislación está siendo cada vez más exigente, conduciendo las iniciativas públicas y privadas a la valorización de los residuos.

Con ello, el futuro se presenta con tendencia a la minimización de los residuos depositados. Dicha tendencia se apoya en la baja disponibilidad de suelo para la construcción de rellenos sanitarios, conflictos sociales y la tecnología es cada vez más costosa para la impermeabilización de los mismos, para el tratamiento de los lixiviados y para el control del biogás.

El método de eliminación de residuos sólidos en relleno sanitario es, por lo tanto, un método que, sin llegar a desaparecer, llegará a convertirse en la última alternativa utilizada en los sistemas de gestión de residuos sólidos urbanos.

### **2.3.2 GASIFICACIÓN**

#### **2.3.2.1 Definición**

La gasificación es un proceso termoquímico en el que un sustrato carbonoso (residuo orgánico) es transformado en un gas combustible, mediante una serie de reacciones que ocurren a una temperatura determinada en presencia de un agente gasificante (aire, oxígeno y/o vapor de agua).

#### **2.3.2.2 Generalidades**

La composición del gas es muy dependiente de las condiciones en las que se realiza la gasificación. El sustrato carbonoso de origen y el agente gasificante son los parámetros que determinan el mayor o menor contenido en energía (poder calorífico) del gas.

Las temperaturas moderadas generalmente se encuentran entre los  $750^\circ\text{C}$ , y los  $1700^\circ\text{C}$ .

La cantidad de oxígeno añadida al gasificador depende de la tecnología utilizada, si bien, para gasificación directa, ésta se encuentra comprendida entre un 15 y un 40% del oxígeno teórico necesario para la combustión completa.

Se obtiene así un gas de síntesis, principalmente hidrógeno ( $H_2$ ) y monóxido de carbono (CO), junto con residuos líquidos y sólidos. Este gas de síntesis puro obtenido se deja enfriar y se purifica, siendo luego utilizado para una serie de propósitos: gas de síntesis para químicos, combustibles gaseosos, combustibles líquidos para calderas comerciales para producir vapor, procesos de transferencia de calor y combustión interna en motores para producir energía eléctrica.

El valor energético del gas de síntesis producido va a depender de los residuos o materiales tratados, sabiendo que para producir mayor poder calorífico se debe evitar la introducción en el gasificador de productos inertes o muy húmedos.

Así pues, la gasificación es una técnica eficaz para reducir el volumen de residuos sólidos y recuperar su energía, convirtiéndose en la vía más adecuada para la obtención de energía eléctrica y térmica en el marco del desarrollo sostenible.

### **2.3.2.3 Proceso de gasificación**

En un gasificador se llevan a cabo un gran número de procesos, que básicamente se pueden agrupar en los siguientes:

- 1) Secado
- 2) Pirólisis
- 3) Combustión parcial
- 4) Gasificación de carbonizado

#### **2.3.2.3.1 Descripción del proceso de gasificación**

La descripción se realiza de acuerdo a la metodología desarrollada por la empresa española Greene.

#### **Razón social**

Greene diseña, fabrica, pone en marcha y gestiona proyectos llave en mano de valorización energética de biomasa y residuos orgánicos con tecnología propia.

##### **2.3.2.3.1.1 Secado**

El calentamiento de las partículas de combustible hace que la humedad contenida en el mismo se libere en forma de vapor.

La temperatura está entre los 25 y 250°C.

#### **2.3.2.3.1.2 Pirólisis**

Es la fase de descomposición térmica en ausencia de oxígeno; en ella se desprenden los componentes más volátiles, precisamente debido a la insuficiencia de oxígeno dentro del reactor, esta situación da lugar a la formación de alquitranes.

Presenta 4 subetapas:

##### **❖ Desoxigenación y desulfuración**

Las temperaturas fluctúan entre 250 y 340°C. se producen gases ácidos no deseables (HCl y H<sub>2</sub>S), éstos gases se extraen para que en etapas posteriores no se mezclen y provoquen desequilibrios.

##### **❖ Degradación polimérica 1**

La temperatura varía entre los 340 y 400°C. El metano e hidrocarburos alifáticos ligeros se producen en esta parte del proceso.

##### **❖ Pirólisis propiamente dicha**

Las temperaturas van desde los 400 hasta los 500°C. Se producen compuestos volátiles y gases.

##### **❖ Degradación polimérica 2**

Temperaturas entre 500 y 600°C. Los gases producidos son CO, H<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. Permite el control de la fase de oxidación.

#### **2.3.2.3.1.3 Oxidación parcial**

Es la oxidación parcial del carbono fijo (char) que ha quedado de la pirólisis, el proceso alcanza una temperatura punta de 1.200°C.

El comburente, (preferiblemente O<sub>2</sub>) se introduce directamente en esta zona del reactor, en una proporción inferior a la estequiométrica necesaria para la oxidación total.

La elevada temperatura es lo que garantiza el craqueo térmico de componentes volátiles que darían lugar a hidrocarburos condensables (alquitranes), lo que reduce la cantidad de condensados existentes en el gas, facilitando el proceso posterior de acondicionamiento del gas y garantizando el uso de este como combustible en motores de combustión.

El alquitrán es indeseable, especialmente en aplicaciones donde es conveniente enfriar el gas, debido a que produce un impacto negativo en los equipos situados aguas abajo del proceso de gasificación, causando ensuciamiento y corrosión.

#### 2.3.2.3.1.4 Gasificación propiamente dicha

La temperatura es de 850°C en esta etapa del proceso, se producen reacciones a partir de las cuales se incrementa la cantidad de gases combustibles deseables. Las reacciones son endotérmicas por lo que es necesario un aporte de energía, ésta puede ser alimentada desde una fuente externa o por la oxidación de una parte del sólido a gasificar.

Las reacciones que se producen son heterogéneas (sólido - gas) entre el carbono que ha quedado sin transformar (char) y gases como CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> y vapor de agua, donde se genera H<sub>2</sub>, CO y CH<sub>4</sub>.

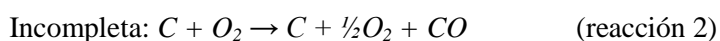
El vapor de agua de la etapa 1 se introduce para incrementar el poder calorífico del gas producido, debido a que aumenta la concentración de H<sub>2</sub>.

En esta parte del proceso en el interior del reactor se generan reacciones endotérmicas y exotérmicas simultáneamente, lo que hace necesario tener cuidado y controlar la relación sólido/aire para conseguir que el calor aportado por unas sea igual al absorbido por las otras. Proceso que recibe el nombre de autotérmico.

#### 2.3.2.3.2 Reacciones en el proceso de gasificación

En un proceso completo de gasificación se producen básicamente las siguientes reacciones:

##### ❖ Oxidación (reacciones exotérmicas)



##### ❖ Gasificación



##### ❖ Reacción "shift" (exotérmica)



❖ **Metanización (exotérmica)**



La reacción "shift" es una reacción exotérmica de oxidación total del monóxido de carbono a dióxido de carbono.

La materia prima en presencia de oxígeno se oxida (reacción 1).

Debido a la insuficiencia de oxígeno para una oxidación completa, se favorece la presencia de CO (reacción 2). El exceso de materia orgánica reacciona con los gases presentes (principalmente CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, reacciones 3 y 5). Las reacciones 5 y 6 son favorecidas por la presencia de vapor de agua, lo que a su vez favorece la presencia de H<sub>2</sub>. La formación de metano (reacción 7) está favorecida por altas presiones.

En el proceso de gasificación, una gran parte de la energía química contenida en el sólido se concentra en energía química contenida en un gas.

### 2.3.2.3.3 Elementos principales de la gasificación

- ❖ **Agentes gasificantes:** vapor de agua, oxígeno, aire, hidrógeno. El uso de uno de estos será determinante en la composición del gas de síntesis (producto final).

**Tabla 7.** Principales elementos de la gasificación

AGENTE GASIFICANTE	PCS (MJ/m <sup>3</sup> )	COMPOSICIÓN DEL GAS OBTENIDO (% en volumen)						USO
		H <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	
Aire	< 6	16	20	12	2	50	-	Combustible
Oxígeno	10 - 20	32	48	15	2	3	-	Combustible Gas de síntesis
Vapor de agua	10 - 20	50	20	22	6	-	2	Combustible Gas de síntesis
Hidrógeno	> 30							Sustituto del gas natural

**Fuente:** <http://www.cps.unizar.es/~proter/Gasificaci%F3n.htm>

**Elaboración:** Diana Ruales

El uso de aire viene acompañado de la consecuente dilución con nitrógeno del gas generado, disminuyendo su poder calorífico y la eficiencia global del proceso.

La posibilidad de utilizar exclusivamente oxígeno, por medio de unidades de destilación o adsorción de aire, elimina la ineficiencia asociada a la dilución, pero es, por el contrario, difícil de justificar económicamente.

El uso de vapor cuenta con el inconveniente de la necesidad de aportar calor al reactor de manera indirecta.

El uso de mezcla oxígeno/vapor, el gas producto tiene más contenido de oxígeno que evita la dilución con nitrógeno, esta posibilidad se ha probado ha escala laboratorio, tomando en cuenta el costo elevado de un equipo de suministro de oxígeno de alta pureza.

Otra posibilidad es separar los procesos de combustión y pirólisis en lechos paralelos, el primero alimentado con aire y el otro con vapor; se realiza una circulación de calor por medio de la transferencia del material inerte del lecho de combustión al lecho de devolatilización; el gas producto tiene un poder calórico medio sin dilución por nitrógeno. Tecnología que está a nivel semi-comercial.

- ❖ **Residuos sólidos:** Para la utilización se deberá tomar en cuenta las propiedades físicas y la composición química.
- ❖ **Catalizadores:** Se pueden usar catalizadores para inducir ciertas reacciones y se produzca prioritariamente cierto componente.

#### **2.3.2.3.4 Parámetros particulares a controlar en el proceso de gasificación**

- ❖ Caudal másico de suministro de materia orgánica.
- ❖ Caudal másico de suministro de comburente al reactor de gasificación, el cual es precalentado mediante un intercambiador de calor del gas producido.
- ❖ Temperaturas en cada etapa del reactor.
- ❖ Análisis de los gases obtenidos en el proceso de gasificación, en función de éstos se variará el suministro de comburente y vapor de agua, así mismo la cantidad de materia orgánica y la velocidad del reactor.

#### **2.3.2.3.5 Alquitrane en el proceso de gasificación**

La presencia de alquitrane en el gas producto obliga a la limpieza del mismo para su uso en procesos posteriores (por ejemplo el gas debe enfriarse para la generación de energía eléctrica por medio de

motores de combustión interna). La necesidad de una limpieza del gas afecta la parte económica del proceso.

Existen algunas recomendaciones que ayudarían a que el gas producto mejore su calidad respecto a los alquitranes:

- ❖ Condiciones de operación adecuadas del gasificador
- ❖ Uso de aditivos en el lecho durante el proceso de gasificación
- ❖ Diseño adecuado del gasificador

#### **2.3.2.4 Residuos apropiados para la gasificación**

Son susceptibles de ser gasificados aquellos materiales con un alto contenido en carbono (cualquier tipo de carbón, biomasa, residuos orgánicos y residuos carbonosos).

La gasificación se limita a tratar residuos específicos; estos deben poseer ciertas características:

- ❖ El contenido de inertes y la humedad en los residuos debe ser mínimo (hasta el 20%).
- ❖ El tamaño de partícula estará comprendido entre 80 y 300 mm.
- ❖ El contenido de carbono deberá ser suficiente para que el proceso de gasificación se dé.
- ❖ No deben contener sustancias peligrosas.
- ❖ En lo posible el PCI debe ser elevado.

#### **2.3.2.5 Residuos que no deben ingresar a un gasificador**

Los materiales que no se deben de utilizar son todos aquellos que no son "combustibles", por ejemplo, metales, vidrios, cerámicas, escombros, arenas.

Hay algunos residuos, que a pesar de ser "combustibles", no deben de utilizarse en un proceso de gasificación, ya que producen gases tóxicos, como por ejemplo, algún tipo de plásticos como es el PVC (poseen una gran cantidad de cloro en su composición, provocaría una producción elevada de dioxinas y furanos).

También se debe de tener cuidado con contenidos elevados en azufre, estos se suelen encontrar en carbón de baja calidad, puede formar ácido sulfhídrico y compuestos sulfurados que son precursores de la denominada lluvia ácida.

#### **2.3.2.6 Productos del proceso de gasificación**

#### **2.3.2.6.1 Cenizas de hogar o escorias**

Combinación del material total o parcialmente quemado que se descarga en las parrillas del horno.

Es un material de tipo granular con partículas en su gran mayoría inferiores a 1cm de diámetro, formadas por los materiales no combustibles y/o inertes de los residuos urbanos que salen de la cámara de combustión a temperaturas superiores a 850°C, tales como trozos de vidrio, cerámica, metales.

#### **2.3.2.6.2 Cenizas volantes**

Residuos constituidos por aquellas partículas que son arrastradas por la corriente de gases al exterior de la cámara de combustión.

Incluyen tanto las cenizas volantes como los residuos de depuración de gases. Son un material pulverulento con tamaño de partículas inferior a 250µm y una alta superficie específica, lo que unido a su composición química supone un alto riesgo de contaminación de las aguas.

Análisis químicos realizados determinan que las cenizas están compuestas principalmente por: sílice, aluminio, hierro y calcio; es posible encontrar componentes secundarios como: titanio, magnesio, sodio, potasio y fosfato; en cantidades muy pequeñas: bario, estroncio, rubidio y metales pesados (cobre, zinc, plomo, níquel o cadmio).

La legislación europea cataloga a las escorias procedentes de RSU como residuos no peligrosos y no tóxicos, lo que no sucede con las cenizas que están catalogadas como residuos tóxicos y peligrosos.

#### **2.3.2.6.3 Aplicaciones**

##### **❖ Terraplenes**

Los terraplenes y movimiento de tierras apuntan a ser el uso más prometedor de la escoria en la construcción de carreteras; los criterios técnicos de aceptación no deben ser demasiado rígidos; desde el punto de vista ambiental se pueden absorber grandes cantidades de escoria en un determinado emplazamiento lo que facilita las medidas de protección e inspecciones.



### ❖ Carreteras

La capacidad de soporte inicial de las capas de escoria es algo inferior a las del lastre, pero con el tiempo las escorias endurecen por envejecimiento, el comportamiento mejora a largo plazo.

### ❖ Edificación y obras públicas

Sustitución de una parte de los áridos de hormigón por escoria, proceso que aún se maneja a nivel de laboratorio, todo dependerá de la composición química de la escoria que se planee utilizar.

Estudios demuestran que las escorias procedentes de RSU podrían ser utilizadas en la fabricación de bloques de hormigón prefabricado, con hasta un 65% de escoria, sin antes ser sometidas a un tratamiento para obtener la granulometría adecuada y la eliminación de férreos.

Otra aplicación que se encuentra a nivel de laboratorio es la utilización de escoria para producir árido artificial sinterizado para hormigón, una de las mayores ventajas es la que se puede aprovechar todo el residuo.

La escoria puede ser el sustituto de la arena en la fabricación de ladrillos.

Las cenizas podrían ser aprovechadas como adición al hormigón por la actividad puzolánica que pueden presentar; un estudio de laboratorio determinó varios inconvenientes en cuanto a la variedad en sus características.

Existe la posibilidad de usar las cenizas en la fabricación de arrecifes artificiales; estudios han demostrado que la resistencia no cambió tras un año de exposición, no existe desprendimiento de metales, ya que estos quedan confinados en la matriz de cemento debido a la alta alcalinidad de la ceniza tras el contacto con el cemento y a la alcalinidad del agua de mar.

En países como Dinamarca, Austria, Alemania, Holanda, Francia y Estados Unidos las cenizas de hogar o escorias pueden utilizarse en carreteras, terraplenes o bloques de hormigón prefabricado, siempre y cuando las escorias hayan sido sometidas a un tratamiento previo.

El uso de cenizas volantes tiene más restricciones, siendo la única aplicación posible en mezclas bituminosas.

#### 2.3.2.7 Tecnologías de Gasificación

Es preciso tomar atención a las siguientes consideraciones:

- ❖ Tipo y cantidad de residuos que se vayan a disponer
- ❖ El objetivo del producto final del uso de la tecnología
- ❖ Factores ambientales, económicos, sociales.

En función de la tecnología de generación eléctrica o térmica, será preciso que el gas de síntesis cumpla unos requisitos en cuanto a partículas, alquitranes, poder calorífico, concentración de cada gas, temperatura.

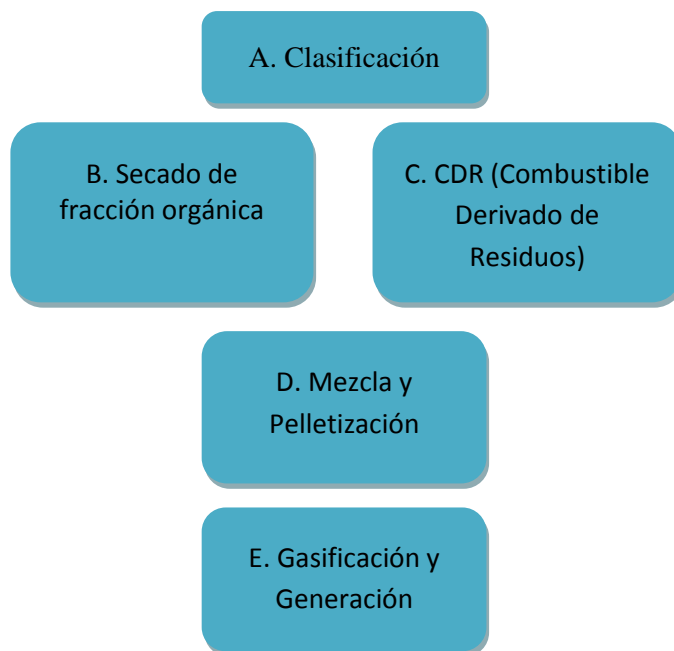
Generalmente, las aplicaciones en motor o turbina de gas, orientadas a la generación eléctrica, son más exigentes en cuanto a la limpieza de gas (partículas) y a las posibles emisiones contaminantes post-combustión (alquitranes).

Las tecnologías que minimizan la producción de partículas facilitan la producción de alquitranes y viceversa; no obstante, hoy en día, el control de flujos, de temperaturas, los filtros, los sistemas de lavado, así como variantes tecnológicas, permiten producir gas de síntesis de buena calidad, y que cumplen las normas sobre emisiones a la atmósfera.

### 2.3.2.8 Tipos de gasificadores

Para este estudio se describe un gasificador de tipo horizontal, patentado por Greene, empresa española.<sup>10</sup>

**Figura 2.** Proceso general de gasificación Greene



**Fuente:** <http://www.greene.es/archivos/PCR1-Las-plantas-de-GreenE-para-RSU-v8.pdf>

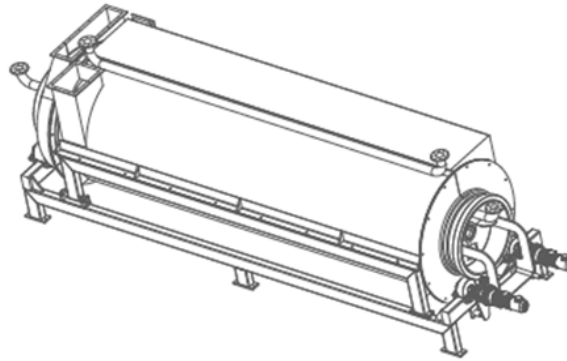
**Elaboración:** Diana Ruales

---

<sup>10</sup>[www.greene.es](http://www.greene.es)

#### 2.3.2.8.1 Descripción del reactor horizontal

**Figura 3.** Vista del reactor



**Fuente:** Greene, 2013

La tecnología Greene para gasificación de biomasa y residuos orgánicos, se basa en un reactor cilíndrico horizontal y rotatorio. El reactor está compuesto por 6 zonas donde el proceso se da de forma separada y a la vez las reacciones son controladas.

Las zonas constan con agitadores que homogenizan el proceso; la parte exterior está cubierta por una camisa que controla las fases endotérmicas y exotérmicas del reactor.

En los extremos del reactor unos cuellos cilíndricos permiten la ubicación de unas tapas fijas, por las que se introducen todos los componentes del proceso, permitiendo la separación entre cada uno de ellos. En dichos cuellos, unas vías de rodadura que van apoyadas sobre rodillos de tracción permiten una rotación lenta para la homogenización del proceso y el avance entre cada una de las zonas de reacción.

Las vías de rodaduras perimetrales están dimensionadas para absorber las diferentes dilataciones a lo largo del reactor.

En el interior se ubican un conjunto de palas anguladas, en diferentes posiciones y ángulos que facilitan el transporte de la materia sólida, su homogenización y mezcla, favoreciendo los procesos termoquímicos.

Además, presenta espiras helicoidales de configuración determinada en el dimensionamiento y longitud de paso, para adecuar tiempos de retención de la materia en cada zona.

Unas tapas fijas en las que se colocan los conductos de suministro de materia, comburente y agente gasificante se ubican en los extremos del reactor.

En el interior, un tubo fijo centrado a lo largo de su eje axial que se sujeta a las tapas fijas, consta de sondas de temperatura para cada sección y por su interior se ubican conductos que evacúan los gases no deseables de la zona de desoxigenación y desulfuración.

En la sección de oxidación parcial, se dispone de unos ladrillos refractarios que permiten sobepasar los 1000°C y garantizan durabilidad del reactor y prolongación de su vida útil.

En la sección inicial de secado del residuo, el vapor de agua generado es extraído mediante un conducto externo hacia la zona de gasificación, donde se adiciona para favorecer la formación de  $H_2$ .

En el extremo final del cilindro unas aberturas permiten la evacuación superior de los gases producidos y la inferior de las cenizas o productos sólidos no reaccionados. La canalización de dichos gases se lleva a cabo a través de una campana envolvente por cuya parte superior se extraen los gases que son canalizados a la fase de separación de partículas finas. Dicha separación se realiza a través de unos separadores multiciclones especiales para altas temperaturas y de alto rendimiento.

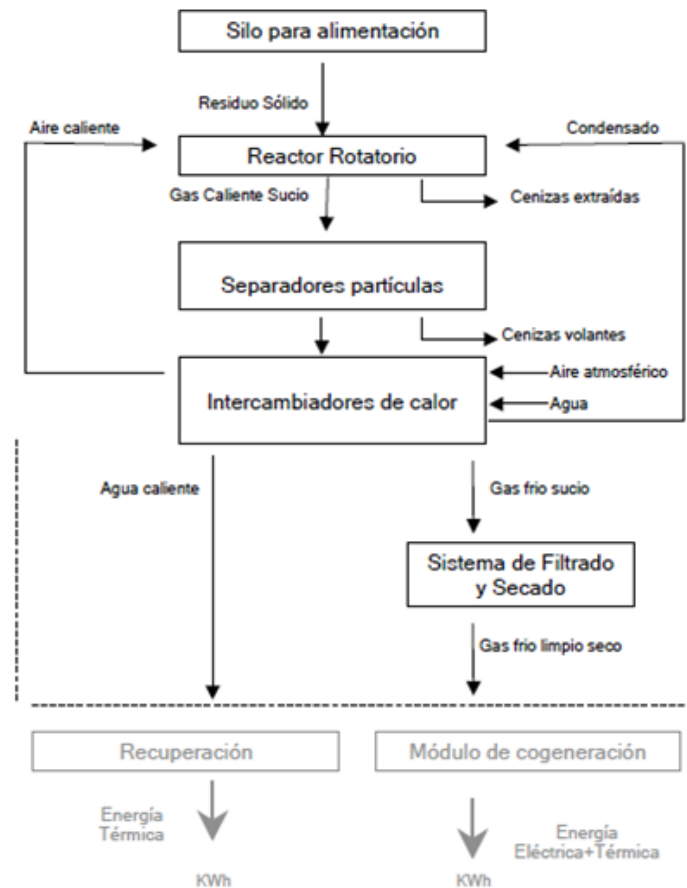
A continuación los gases se enfrían alrededor de 100°C para poder ser filtrados y separar las últimas partículas por debajo de 5 micras en filtros especiales. Posteriormente se realiza un enfriamiento final y condensación del vapor de agua procedente de la reacción.

Finalmente el gas se lleva hasta el colector rampa de los motores de combustión.

En la superficie cilíndrica exterior se ubica un conducto en forma de espira que va de un extremo al otro, a través de este circula el flujo de retorno de los gases del proceso favoreciendo el intercambio de calor, manteniendo el equilibrio térmico y consiguiendo eficiencia termoquímica.

El cuerpo del reactor y la mayor parte de sus elementos están fabricados en acero refractario.

**Figura 4.**Diagrama de flujo del proceso de gasificación

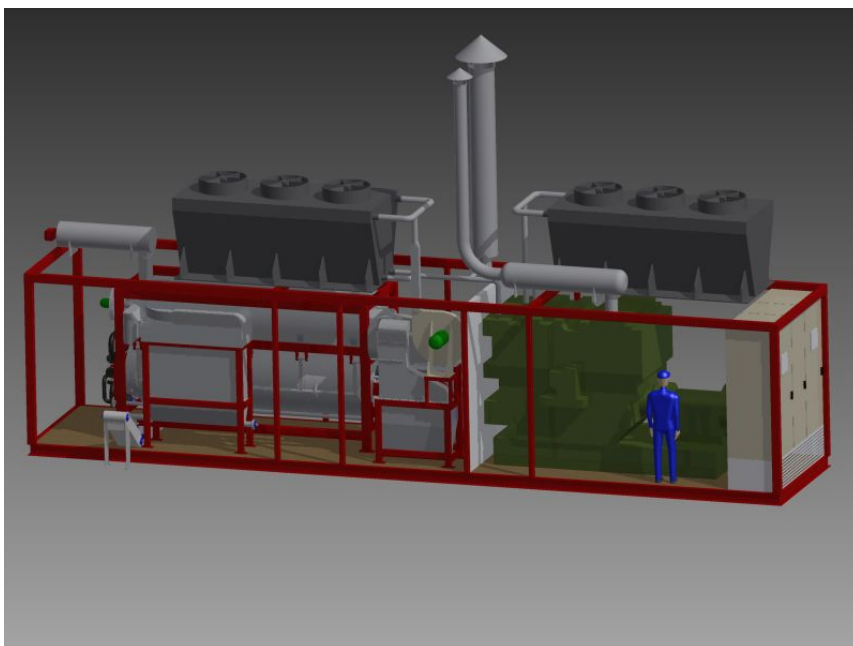


**Fuente:** Greene, 2013

#### 2.3.2.8.2 Ventajas del reactor horizontal

- ❖ Aprovecha la humedad del residuo en forma de vapor, incrementando el poder calorífico del gas obtenido; mejora el rendimiento del proceso y reduce el consumo de agua.
- ❖ Alta eficiencia de destrucción de alquitranes gracias a la zona de oxidación parcial que supera los 1000°C; sin embargo, la porción de alquitranes que se produzca será separada y condensada en la fase posterior de depuración de gases y recirculada directamente hasta la zona de alta temperatura (oxidación parcial).
- ❖ Permite variar la velocidad de rotación, mediante el grupo motor reductor, alimentado por variador de frecuencia, lo que posibilita variar los tiempos de residencia del material en función del comportamiento cinético y termoquímico.
- ❖ Favorece la reducción de dioxinas y furanos ya que el reactor es capaz de permitir que se supere el tiempo de exposición necesario para su degradación (más de 2 segundos a una temperatura superior de 800°C)

**Figura 5.** Vista módulo de la planta de gasificación y tratamiento de gases



**Fuente:** Greene, 2013

## **CAPÍTULO III**

### **3. DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Tipo de estudio**

El presente trabajo de investigación es de tipo descriptivo porque analizó el manejo convencional de desechos versus gasificación para poblaciones menores a 200.000 habitantes; según el tiempo es un estudio transversal que se desarrollará en seis meses, además es un trabajo prospectivo cuyos resultados servirán a futuro para la toma de decisiones y dar soluciones al problema identificado.

Por la amplitud y complejidad del tema el estudio se basará en información bibliográfica que puede ser aplicada según la necesidad de un sitio en específico.

#### **3.2 Universo y muestra**

De un total de 221 municipios a nivel nacional, 210 tienen poblaciones menores a 200.000 habitantes; para este rango poblacional se escogió al Municipio de Santa Elena para desarrollarlo como estudio de caso.

#### **3.3 Técnica**

La información referencial fue tomada de un estudio ya realizado y aprobado por el Ministerio del Ambiente correspondiente al Cantón Santa Elena.

Para la otra tecnología de análisis se solicitó información a la empresa española Greene, debido a que en el país y en América Latina no se encontró empresas oferentes de ese tipo de tecnología.

#### **3.4 Recolección de datos**

El proyecto no cuenta con trabajo de campo por tal motivo toda la investigación es en base a información ya existente.

### **3.5 Procesamiento de datos**

Se utilizó los programas de Word y Excel para representar los resultados comparativos en el estudio de caso.



## **CAPÍTULO IV**

### **4. ESTUDIO DE CASO**

#### **4.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y POLÍTICO ADMINISTRATIVA**

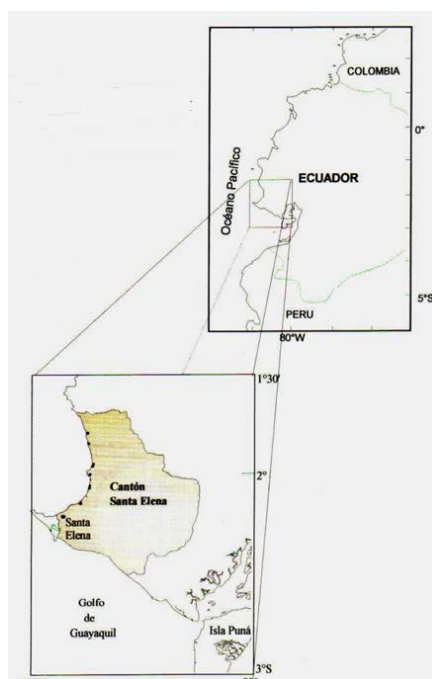
El cantón Santa Elena pertenece a la provincia de Santa Elena, es el cantón más grande de la misma; se ubica al centro - este. Está formado por 6 parroquias (Santa Elena, Manglar Alto, Colonche, Chanduy, Atahualpa, Simón Bolívar y San José de Ancón), 60 comunas y 137 recintos.

#### **4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES AMBIENTALES**

##### **4.2.1 Componente socioeconómico**

El cantón Santa Elena tiene un área aproximada de 3665 km<sup>2</sup>, limita al norte con el cantón Puerto López, al sur con el cantón General Villamil Playas y el Océano Pacífico, al este con los cantones Pedro Carbo y Guayaquil, y al oeste con el cantón La Libertad y el Océano Pacífico.

**Figura6.** Mapa del Cantón Santa Elena



**Fuente:** Estudios y diseños definitivos para la gestión integral de desechos sólidos de la mancomunidad Santa Elena (La Libertad, Salinas y Santa Elena), 2012.

#### **4.2.1.1 Demografía**

Según la base de datos del último Censo realizado por el INEC en el año 2010, el cantón Santa Elena tiene una población de 144.076 habitantes, el 50,94% son hombres y el 49,06% son mujeres; en el área urbana viven 39.681 personas y en la rural 104.395.

En el Cantón Santa Elena la tasa de crecimiento intercensal (los dos últimos censos, 2001 y 2010) ha sido en promedio de 2,87% anual, es decir que en un período de 11 años, la población creció de 111.671 a 144.076 habitantes, con un promedio anual 2.946 habitantes por año.

La parroquia Santa Elena y su cabecera cantonal del mismo nombre, es el centro de la actividad política, administrativa y de gestión del cantón, constituyendo la parroquia más densamente poblada.

#### **4.2.1.2 Actividades económicas**

En el cantón la mayoría de la población se dedica a las siguientes actividades:

**Tabla 8.** Actividad económica según rama de actividad

<b>Rama de actividad</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	25,23
Industrias manufactureras	11,43
Comercio al por mayor y menor	12,16

**Fuente:** INEC, 2010

**Elaboración:** Diana Ruales

## **4.2.2 Componente físico**

### **4.2.2.1 Clima**

El invierno abarca los meses de enero a abril, el verano de mayo a diciembre; es influenciado por las cálidas Aguas Tropicales Superficiales transportadas desde la Bahía de Panamá por la Corriente de El Niño y por aguas relativamente frías transportadas desde el sur por la Corriente Fría de Humboldt, lo que determina la condición predominante de un clima tropical seco.

#### **4.2.2.2 Temperatura**

En el año calendario se distinguen un periodo cálido con temperatura mayores a 25°C que corresponde a los meses de enero a abril y un período frío con temperaturas menores a 22,5°C entre julio a octubre.

#### **4.2.2.3 Humedad**

La época más húmeda con valores que superan el 87% corresponde a los meses de julio a septiembre, en tanto los valores más bajos menores al 84% se ubican entre noviembre a febrero.

#### **4.2.2.4 Dirección y velocidad del viento**

La dirección predominante del viento es hacia el oeste y el sur oeste, es decir desde el continente hacia la puntilla de Santa Elena. La velocidad máxima del viento se mantiene uniforme a lo largo del año a excepción de junio, con mayor presencia de ráfagas de viento y de abril que posee la menor generación de vientos.

#### **4.2.2.5 Precipitación**

La península de Santa Elena se encuentra caracterizada por su clima árido donde es notoria la ausencia prolongada de precipitaciones. El patrón de lluvias anuales está caracterizado por un periodo bien definido de verano que transcurre desde junio a octubre, donde son ausentes las precipitaciones y por la presencia de lluvias entre los meses de noviembre a mayo siendo más intensas en los meses de febrero y marzo.

#### **4.2.2.6 Uso del suelo**

Corresponde a Matorral Seco Medianamente Alterado, con algunos vestigios de suelos alterados antrópicamente.

#### **4.2.2.7 Hidrografía**

La Cordillera Chongón - Colonche, es una barrera natural que impide el paso de escorrentías provenientes directamente de Los Andes, esto hace que el abastecimiento y recarga de agua del área, dependa fundamentalmente del corto período estacional de precipitaciones.

En consecuencia, las cuencas se encuentran parcialmente secas, y en algunos casos en los cursos más bajos se presenta la intrusión de aguas marinas, generándose ambientes salobres o estuarinos.

#### **4.2.2.8 Topografía**

En la Provincia de Santa Elena predominan los terrenos con muchas colinas con pendientes superiores a los 30 grados; los valles son planos a levemente ondulados.

#### **4.2.2.9 Geología y geomorfología**

Aflora la unidad geológica del Grupo Ancón, la cual consta de interestratificaciones de areniscas, arcillitas, limonitas y lutitas que varían de azul a plomo.

En cuanto a la Geomorfología se caracteriza por estar constituida por colinas bajas con cimas redondas o alargadas. El drenaje es subdendrítico.

## **4.3 ANÁLISIS SITUACIONAL**

### **4.3.1 Generación de residuos**

En agosto de 2012 un Equipo Consultor encabezado por el Ingeniero Raúl Vega, realizó un muestreo de caracterización de residuos sólidos durante un período de 7 días consecutivos; el muestreo contó con la supervisión de técnicos del Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos y de la Dirección Provincial del Ministerio del Ambiente en Santa Elena.

Las muestras se tomaron según la fuente de generación:

- ❖ Domiciliario y/o mini negocio familiar
- ❖ Barrido público
- ❖ Comercios y microempresas
- ❖ Barredoras de playas
- ❖ Instituciones educativas
- ❖ Hospitalarios infecto-contagiosos

### **4.3.2 Procedimiento**

Una vez anunciada la campaña, se recolectaron y codificaron cada una de las muestras, éstas llegaron a un sitio de trabajo donde se las pesó previa homogenización y cuarteo.

Se realizó la extracción en base a subproductos: residuos inorgánicos (reciclables de primera línea), residuos de carácter contaminante, residuos orgánicos no reciclables (tienen al relleno por destino final).

Las cantidades en peso registradas durante la campaña contribuyeron para generar un valor unitario de generación según la actividad, los datos obtenidos servirán como parámetros en la proyección del análisis de los mecanismos de disposición final objeto de la presente investigación.

Los resultados de generación de desechos son los siguientes:

- ❖ **Producción per cápita (kg/hab.día):** 0,73
- ❖ **Generación (t/día):** 109,32

**Tabla 9.** Caracterización de residuos del cantón Santa Elena

<b>Tipo de residuo</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Orgánico	60,80
Papel	3,50
Cartón	4,90
Plástico	14,50
Vidrio	3,00
Chatarra	1,30
Otros	12,00

**Fuente:** PNGIDS, 2013

**Elaboración:** Diana Ruales

#### **4.4 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE DISPOSICIÓN FINAL**

##### **4.4.1 Relleno Sanitario**

###### **Consideraciones de información del estudio de caso**

Los datos técnicos y económicos fueron tomados como referencia de los estudios y diseños definitivos para la gestión integral de desechos sólidos de la mancomunidad Santa Elena (La Libertad, Salinas y Santa Elena), 2012; facilitados por el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos.

###### **4.4.1.1 Ubicación del proyecto**

El área de implementación del Relleno Sanitario es cercana a la comuna el Tambo, de ahí el nombre del proyecto (Relleno Sanitario El Tambo); la comuna pertenece al cantón Santa Elena, parroquia Santa Elena. La comuna el Tambo posee una población de 1.500 habitantes.

El sitio estaba ya destinado para la instalación de un Relleno Sanitario para el cantón Santa Elena, por lo que es propicio para la construcción, al ser un espacio alejado de centros poblados y ser un área de poca importancia de biodiversidad.

El terreno donde se implantará el proyecto pertenece al municipio, evitando cualquier tipo de expropiación.

**Figura 7. Ubicación del proyecto**



**Fuente:** Estudios y diseños definitivos para la gestión integral de desechos sólidos de la mancomunidad Santa Elena (La Libertad, Salinas y Santa Elena), 2012.

#### **4.4.1.2 Población inmersa y generación de desechos proyectados**

El Relleno Sanitario del cantón Santa Elena está estimado para un período de diseño de 15 años a partir del año 2014.

La población de diseño y la proyección de desechos generados considera además de las fuentes generales de generación otras adicionales, propias del cantón, por ser un sitio de atracción turística se consideró la población flotante de turistas, desechos de embarcaciones marítimas y limpieza de playas.

Está descartada la población eminentemente rural, la tabla de proyección se muestra a continuación:

**Tabla 10.** Proyección de la población inmersa y generación de desechos para el proyecto

<b>AÑO</b>	<b>AÑO DE DISEÑO</b>	<b>PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN</b>	<b>GENERACIÓN DE DESECHOS (Ton/día)</b>	<b>GENERACIÓN DE DESECHOS (Ton/año)</b>
2010	Censo	<b>123.086</b>	65	23.027
2011		<b>125.623</b>	67	23.662
2012	Estudios	<b>128.196</b>	68	24.312
2013	Inversión	<b>130.801</b>	70	24.977
2014	1	<b>133.440</b>	72	25.681
2015	2	<b>136.112</b>	74	26.384
2016	3	<b>138.825</b>	76	27.105
2017	4	<b>141.581</b>	78	27.843
2018	5	<b>144.375</b>	81	28.598
2019	6	<b>147.206</b>	83	29.394
2020	7	<b>150.072</b>	85	30.183
2021	8	<b>152.970</b>	87	30.989
2022	9	<b>155.910</b>	89	31.813
2023	10	<b>158.879</b>	92	32.654
2024	11	<b>161.888</b>	94	33.539
2025	12	<b>164.921</b>	96	34.415
2026	13	<b>167.953</b>	98	35.104
2027	14	<b>170.997</b>	100	35.797
2028	15	<b>174.036</b>	65	36.493

**Fuente:** Estudios y diseños definitivos para la gestión integral de desechos sólidos de la mancomunidad Santa Elena (La Libertad, Salinas y Santa Elena), 2012.

**Elaboración:** Diana Ruales

#### **4.4.1.3 Mecanismo de disposición final**

##### **Operación**

Cortes a media ladera, para la conformación de franjas y utilizar el material obtenido de la excavación como de retape. La operación se inicia desde la parte más baja del relleno (al fondo del terreno) y se ocupa la plataforma conformada.



Celdas de 2,5m de alto hasta el nivel de relleno terminado con pendiente 3H:1V, material de cobertura de 0,4m de espesor con tierra limo-arcillosa existente en el sitio.

El relleno sanitario está diseñado para 10 plataformas; siendo un relleno de tipo mecanizado.

El material de retape se obtendrá del mismo sitio y cubre la demanda de los 15 años de diseño.

Se han considerado canales de drenaje externos e internos, los externos interceptarán las aguas lluvias para que no ingresen al relleno; y los internos recogerán los posibles escurrimientos al pie de los taludes.

### **Equipo requerido**

- ❖ Retroexcavadora
- ❖ Volquete

### **Obras civiles**

El sitio ofrece facilidades para las actividades de construcción, los servicios básicos son accesibles para el sector.

Entre las obras civiles están: conformación de plataformas, vía de ingreso asfaltada, facilidades (cerramiento, siembra de especies herbáceas y arbóreas, letrero, pozo séptico, sistema hidroneumático, plataforma báscula), red colectora sanitaria, celdas especiales, sistema de tratamiento de lixiviados, garita de ingreso, cobertizo de mantenimiento, edificio de operación y mantenimiento.

### **Tratamiento de percolados de los desechos**

Se considera necesario un módulo para el tratamiento, cuando la generación de percolados supere la capacidad de campo del relleno, en épocas lluviosas.

La recolección del lixiviado se realizará mediante drenes que estarán dispuestos en toda la base de las celdas; se prevé impermeabilización con geomembrana para evitar la contaminación del suelo y aguas subterráneas.

### **Manejo de biogás**

Construcción de chimeneas desde la base, distantes 30m entre si y 0,50 x 0,50m de sección transversal; su altura dependerá del avance en las plataformas. Al final de la chimenea se instalará quemador de biogás que serán encendidos cuando no haya riesgo alguno de explosión.

## **Mitigación ambiental**

- ❖ Fumigación de recolectores luego de vaciar la basura en el relleno sanitario y monitoreo de la calidad del agua de esteros cercanos en épocas lluviosas.
- ❖ Se promueven acciones de reciclaje, por tanto se reduce el volumen de desechos que llega al relleno, así mismo se reducen los costos de manejo. El reciclaje formal generaría fuentes de trabajo y ganancia a partir de los residuos.
- ❖ El sitio no es vulnerable a riesgos naturales.
- ❖ Fumigación del relleno para evitar olores desagradables.
- ❖ Manejo de lixiviados.
- ❖ Cobertura diaria de los residuos sólidos.

## **Aspectos desfavorables**

- ❖ Emisión de gases, entre ellos metano, dióxido de carbono, la cantidad de emisiones no se la puede monitorear porque el municipio carece de equipos para hacerlo.
- ❖ Los movimientos de tierra y la disposición en las celdas de los residuos, alteran las características físico - mecánicas del suelo.
- ❖ Afectación del paisaje.

### **4.4.1.4 Costo de inversión y disposición final para el cantón Santa Elena**

La información presupuestaria está reajustada exclusivamente para el cantón Santa Elena, en virtud de que la Mancomunidad entre los municipios de La Libertad, Salinas y Santa Elena superan los 200.000 habitantes, alejándose de la línea de análisis de este trabajo.

Se escogió trabajar con el cantón Santa Elena debido a que entre las alternativas del estudio de la mancomunidad, ya aprobado por el Ministerio del Ambiente, la selección de la mejor alternativa fue ubicar al relleno sanitario en Santa Elena, que además cuenta con el licenciamiento ambiental.

A partir del presupuesto original de los estudios y diseños definitivos para la gestión integral de desechos sólidos de la mancomunidad Santa Elena, (Anexo B), y con la finalidad de cumplir con los objetivos comparativos de las alternativas en análisis y de acuerdo a las consideraciones antes mencionadas, se realizó la modificación proporcional al presupuesto, específicamente del relleno sanitario, calculando un factor que representa exclusivamente los residuos a depositarse del cantón Santa Elena, se utilizó el siguiente algoritmo:

- ❖  $factor\ 1 = \frac{producción\ de\ desechos\ cantón\ Sta.\ Elena}{producción\ de\ desechos\ mancomunidad}$
- ❖  $10\% \text{ por seguridad} = 0,1 \times factor\ 1$  (porcentaje adoptado por la variación en construcción de obras civiles)
- ❖  $factor\ proporcional = 1,1 \times factor\ 1 = 0,433$

Se mantuvo las obras anexas (garita de ingreso, vía de acceso, báscula, edificio de operación y mantenimiento), porque no se ven afectados por la cantidad de desechos que se van a disponer.

Con la reducción establecida, se desestimó la adquisición del tractor de orugas, considerando que con la retroexcavadora se puede operar el relleno de acuerdo al diseño.

El reajuste presupuestario se lo puede consultar en el (Anexo C).

#### 4.4.1.4.1 Costo del relleno

**Tabla 11.** Resumen de costos para el relleno sanitario el Tambo

Detalle	Costo (\$)
Construcción de obras civiles	714.873,87
Adquisición de equipos	196.145,20
Operación y mantenimiento	192.052,04
<b>Total</b>	<b>1.103.071,11</b>

**Fuente:** Estudios y diseños definitivos para la gestión integral de desechos sólidos de la mancomunidad Santa Elena (La Libertad, Salinas y Santa Elena), 2012.

**Elaboración:** Diana Ruales

#### 4.4.1.4.2 Costo de disposición final

El costo de disposición por tonelada en el primer año de operación, considerando una inversión directa en el primer año es el siguiente:

- ❖ Inversión inicial (\$): 1.103.071,11
- ❖ Toneladas generadas en el primer año (2014): 25.681,2

$$\diamond \text{ Costo por tonelada} = \frac{\text{inversión inicial}}{\text{toneladas generadas en el primer año}} = \frac{1.103.071,11}{25.681,2} = 42,95$$

**\$/Ton: 42,95**

#### **4.4.1.4.3 Costo de disposición final en el tiempo**

Durante los 14 años siguientes (2015 - 2018) de operación del relleno sanitario el costo de disposición disminuye notablemente, debido a que ya no está en función de la inversión sino de la operación y mantenimiento.

La relación de cálculo es la siguiente:

$$\text{Costo por tonelada} = \frac{\text{gastos de operación y mantenimiento}}{\text{generación residuos (ton/año)}}$$

Los datos obtenidos son los siguientes:

**Tabla 12.** Costo por tonelada durante los siguientes 14 años de operación

<b>AÑO</b>	<b>GASTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (\$)</b>	<b>GENERACIÓN DESECHOS (TON/AÑO)</b>	<b>COSTO (\$)</b>
2	245.790,79	26.384	9,32
3	255.630,24	27.105	9,43
4	260.103,23	27.843	9,34
5	260.398,16	28.598	9,11
6	293.615,14	29.394	9,99
7	269.340,62	30.183	8,92
8	265.456,39	30.989	8,57
9	348.118,89	31.813	10,94
10	274.336,18	32.654	8,40
11	330.117,28	33.539	9,84
12	275.203,34	34.415	8,00
13	269.220,89	35.104	7,67
14	286.002,96	35.797	7,99
15	267.719,85	36.493	7,34

**Fuente:** Estudios y diseños definitivos para la gestión integral de desechos sólidos de la mancomunidad Santa Elena (La Libertad, Salinas y Santa Elena), 2012.

**Elaboración:** Diana Ruales

#### **4.4.1.5 Ventajas y Desventajas del Relleno Sanitario**

##### **4.4.1.5.1 Ventajas**

- ❖ Promueve acciones de reciclaje.
- ❖ Si se dispone de un terreno, el relleno sanitario suele ser el método más económico de disposición final.
- ❖ La inversión inicial es baja comparada con otros métodos de disposición.
- ❖ Los métodos de operación y mantenimiento son menores en relación a otros métodos de tratamiento.
- ❖ Su ubicación puede ser relativamente cercana al centro urbano, reduciendo costos de transporte.
- ❖ Un relleno sanitario puede recibir todo tipo de desechos, eliminando la necesidad de recolecciones separadas.
- ❖ El relleno puede operar con poco personal y con escasa capacitación.
- ❖ En rellenos que reciben más de 500 t/día, es posible la recuperación de metano como fuente de energía.
- ❖ Cuando el relleno alcance su vida útil, puede ser utilizado para emplazar sitios de recreación, áreas verdes.

##### **4.4.1.5.2 Desventajas**

- ❖ En áreas muy pobladas puede no haber tierras apropiadas disponibles dentro de distancias de acarreo económico.
- ❖ Cuando el propio sitio no es capaz de cubrir su demanda de material de cobertura, es preciso buscar sitios de abastecimiento que genera aumento en los costos.
- ❖ Si la operación no es continua y controlada pueden terminar siendo botaderos a cielo abierto.
- ❖ La búsqueda de sitios generalmente provoca oposición social.
- ❖ Es probable que un relleno sufra asentamientos y sea obligatorio un mantenimiento continuo.
- ❖ Estos sitios no sirven para soportar la construcción de infraestructura pesada.
- ❖ El metano, un gas explosivo, y otros gases de la descomposición de los desechos pueden convertirse en un peligro o molestia e interferir con el uso futuro del relleno sanitario.
- ❖ No puede recibir desechos que sean peligrosos, al menos que existan celdas especiales para el efecto.

#### **4.4.2 Planta de gasificación**

La empresa Greene, fue el único contacto del que se obtuvo respuesta a aspectos técnicos, económicos y ambientales que involucra la tecnología de gasificación, muy poco conocida en nuestro país.

##### **4.4.2.1 Elementos que integran la planta de gasificación**

La planta de gasificación está integrada principalmente por los siguientes elementos:

- ❖ Enfriador de agua
- ❖ Bomba de alquitrán
- ❖ Bomba de presión de alquitranes y condensado
- ❖ Lavador de gases de escape y ventilador
- ❖ Intercambiador agua-gas para la recuperación de energía
- ❖ Intercambiador aire - gas
- ❖ Sistema de refrigeración de cenizas
- ❖ Multiciclones de separación de partículas
- ❖ Válvula de cenizas
- ❖ Sistema de tracción con guías rodantes y motor
- ❖ Reactor rotativo de gasificación
- ❖ Paneles de control
- ❖ Refrigerador de aire
- ❖ Escape del motor
- ❖ Intercambiador de gases de escape
- ❖ Generador eléctrico del motor de combustión interna
- ❖ Antorcha de parada de emergencia
- ❖ Tanque de diesel
- ❖ Cámara de combustión
- ❖ Filtros de gas
- ❖ Enfriadores de gas

##### **4.4.2.2 Mecanismo de operación**

Previo al proceso de gasificación los residuos ingresan por una planta de clasificación. El material introducido en el reactor sufre una descomposición térmica en un ambiente pobre de oxígeno; inicia la

primera etapa del proceso, la pirólisis, donde se desprenden los componentes más volátiles, se producen alquitranes no deseados porque la cantidad de oxígeno es insuficiente y no se los puede destruir térmicamente. En la siguiente etapa de combustión ( $1.100^{\circ}\text{C}$ ), da lugar a la oxidación del carbono que ha quedado de la etapa anterior, en la gasificación ( $850^{\circ}\text{C}$ ) se producen reacciones de reducción para generar el gas de síntesis.

Se realiza una separación de partículas finas con multiciclones de alto rendimiento, especiales para altas temperaturas; los gases pasan a un primer enfriamiento a través de un intercambiador por cesión de calor al aire atmosférico; este se usa como comburente para que al ser calentado no distorsione la reacción.

A continuación los gases se enfrían alrededor de los  $100^{\circ}\text{C}$ , para que puedan ser filtrados y separar partículas por debajo de las 5 micras.

Los gases van hacia su enfriamiento final, donde se condensa el vapor de agua procedente de la reacción, finalmente el gas es conducido a un colector rampa de los motores de combustión interna.

Respecto a los lixiviados, en el proceso de gasificación, no existen, estos se producen, cuando el residuo se acumula durante unos días, y los líquidos que emanan del residuo deberían de ser canalizados a un sitio específico de almacenamiento y posterior tratamiento.

#### **4.4.2.2.1 Especificaciones de la planta**

La potencia que se va a instalar para esta planta en particular es de 1,45 MW, con un rendimiento energético total del 70% . La planta podrá aportar 11.611,69 MW/año de los cuales 3.550MW/año son de autoconsumo entre las dos plantas.

El consumo de combustible de la planta es para los arranques del equipo, se debe aportar energía suficiente para calentar el reactor de gasificación hasta la temperatura de trabajo, este proceso dura alrededor de 7 horas, se estiman 4 paradas al año. La cantidad de combustible bordea los 990 galones de diesel al año.

La planta de gasificación (generación de energía), debe de funcionar 24 horas al día, solamente se pararía para los mantenimientos; al año operaría 8000 horas.

La planta de clasificación, lo normal es que trabaje todos los días del año, entre 12 y 16 horas al día.

La planta de clasificación, lo normal es que se instale en una nave (preinstalada en contenedores), donde debe haber una buena ventilación, por otro lado, la parte de generación de energía, es posible instalarla a la intemperie.

Las plantas necesitan un espacio aproximado de 6.000m<sup>2</sup> y podrían ser instaladas en el predio del relleno sanitario, además que trabajarán conjuntamente, compartiendo las facilidades.

Con la planta operando el relleno sanitario estaría destinado a los desechos que ya no puedan ser reciclados y/o valorados energéticamente.

Respecto a la formación del personal, en la planta de clasificación deberá haber un jefe de planta, con conocimientos a nivel de ingeniería para poder controlar la planta; el resto del personal no calificado, alrededor de 7 personas por turno como operarios base en una planta automática, y en el caso de una planta manual se necesitarán alrededor de 30 personas por turno.

Para la planta de gasificación, se necesita menos personal, 1 jefe de planta con conocimientos de química, 2 operarios base (por turno) con conocimientos de mecánica y electricidad para poder solventar cualquier problema derivado del funcionamiento de la planta.

Las escorias y cenizas de no encontrar aplicación para ser aprovechadas deberán ser dispuestas en el relleno sanitario, en total al año se generarán 588 toneladas de cenizas.

El uso de las cenizas y escorias, puede ser como elemento de carga para la fabricación del cemento o bien como carga en la fabricación de asfalto, también podría utilizarse como cenizas volantes para el suelo en distintas aplicaciones relacionadas con la agricultura.

#### **4.4.2.3 Costo de inversión y disposición final**

El análisis económico de cualquier tipo de proyecto genera más incertidumbre al momento de tomar decisiones, que superan muchas veces a aspectos ambientales, técnicos y sociales.

Los costos de la planta están calculados en función de los porcentajes de generación del cantón Santa Elena a través de un "business plan", (ANEXO D), trabajado conjuntamente con el fabricante, empresa Greene.

Los precios fueron calculados con la moneda oficial de la región (Euro), la conversión se hizo con el equivalente de 1 Euro = 1,37 Dólares Americanos (dato del 21 de mayo del 2014), consultado en el Banco Central del Ecuador.

Para transportar se necesitan alrededor de 24 contenedores.



**Tabla 13.** Resumen de costos planta de gasificación

Detalle	Costo (\$)
Costo de la planta de gasificación (*)	3.699.000
Costo de la planta de clasificación (*)	4.795.000
Costo de transporte(**)	164.400
<b>Total</b>	<b>\$ 8.658.400</b>

(\*) Incluidos costos de instalación y puesta en marcha

(\*\*) Costo referencial y aproximado

**Fuente:** Business plan, Greene, 2014

**Elaboración:** Diana Ruales

#### 4.4.2.3.1 Costo de disposición final

El costo por tonelada se calculó en función de la inversión inicial hipotéticamente cargada al primer año, con fin de comparar con los costos obtenidos para el relleno sanitario, el dato se obtuvo de la siguiente manera:

❖ Inversión inicial (\$): 8.658.400

❖ Toneladas generadas en el primer año (2014): 25.681,2

❖  $\text{Costo por tonelada} = \frac{\text{inversión inicial}}{\text{toneladas generadas en el primer año}} = \frac{8.658.400}{25.681,2} = 337,15$

**\$/Ton: 337,15**

#### 4.4.2.3.2 Costo de disposición final en el tiempo

Este documento no considera ningún tipo de interés ni financiamiento. La planta es capaz de producir energía para autoconsumo y venta, generando ingresos; sin embargo para Santa Elena la planta no genera ganancia. El costo por tonelada de los 14 años restantes está calculando en función de los gastos de explotación y mantenimiento. El resumen de costos por tonelada se muestran a continuación:

**Tabla 14.** Resumen de costos planta de gasificación en el tiempo

<b>Año</b>	<b>Gastos de explotación y mantenimiento (\$)</b>	<b>Ingresos (\$)</b>	<b>Ingresos-Gastos (\$)</b>	<b>Generación de desechos (TON/AÑO)</b>	<b>Costo de disposición final (\$)</b>
2	1.329.590	1.622.618	293.029	26.384	50,39
3	1.364.623	1.655.070	290.448	27.105	50,35
4	1.400.631	1.688.172	287.541	27.843	50,31
5	1.437.642	1.721.935	284.293	28.598	50,27
6	1.475.686	1.756.374	280.688	29.394	50,20
7	1.514.793	1.791.502	276.709	30.183	50,19
8	1.554.994	1.827.332	272.338	30.989	50,18
9	1.596.320	1.863.878	267.558	31.813	50,18
10	1.638.806	1.901.156	262.350	32.654	50,19
11	1.682.485	1.939.179	256.694	33.539	50,16
12	1.727.391	1.977.962	250.571	34.415	50,19
13	1.773.562	2.017.522	243.960	35.104	50,52
14	1.821.033	2.057.872	236.839	35.797	50,87
15	1.869.844	2.099.030	229.185	36.493	51,24
	<b>22.187.399</b>	<b>25.919.602</b>	<b>3.732.203</b>		

**Fuente:** Estudios y diseños definitivos para la gestión integral de desechos sólidos de la mancomunidad Santa Elena (La Libertad, Salinas y Santa Elena), 2012&Business plan, Greene, 2014

**Elaboración:** Diana Ruales

Los ingresos menos los gastos resultan una ganancia bruta, esta ganancia serviría para pagar los montos de amortizaciones e intereses que para este estudio no fueron considerados; la planta en Santa Elena no alcanza el autofinanciamiento, es decir, no resulta rentable.

Según Greene, para que una planta de tratamiento de RSU con valorización energética, sea rentable económicamente, debería gestionar al menos 50.000 t/año.

#### **4.4.2.4 Ventajas y Desventajas de la planta de Gasificación**

##### **4.4.2.4.1 Ventajas de la Gasificación**

- ❖ Se lleva a cabo en un ambiente bajo en oxígeno que limita la formación de dioxinas y de grandes cantidades de SOx y NOx.
- ❖ El proceso requiere sólo una fracción de la cantidad estequiométrica de oxígeno necesario para la combustión.

- ❖ Produce un combustible relativamente libre de impurezas y causa menores problemas de contaminación al quemarse.
- ❖ El volumen de gas de proceso es baja, requiere un equipo de limpieza de gas más pequeño y menos caro.
- ❖ La gasificación genera un gas combustible que se puede integrar con turbinas de ciclo combinado, motores alternativos y potencialmente con las pilas de combustible que convierten la energía del combustible en electricidad de manera más eficiente que las calderas de vapor convencionales.
- ❖ Reduce la cantidad de desechos enviados a relleno; las cenizas del proceso pueden ser depositadas, sin costos adicionales para su tratamiento, es posible que sean usadas como material de construcción.
- ❖ La tecnología de gasificación puede ser aplicable para disponer residuos desde los 500 kg/h.

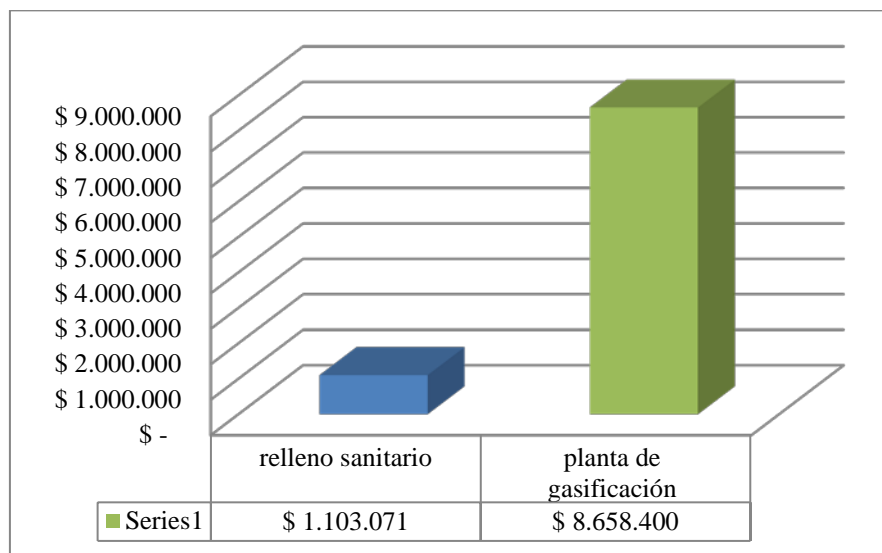
#### **4.4.2.4.2 Desventajas de la gasificación**

- ❖ La gasificación se trabajaría con más éxito en ciudades con buenas prácticas de reciclaje.
- ❖ Los desechos urbanos son muy heterogéneos, antes de ingresar al proceso deben ser homogenizados, es necesaria una estricta supervisión.
- ❖ Durante la gasificación, si el proceso no funciona correctamente, alquitranes, metales pesados, halógenos y compuestos alcalinos podrían liberarse dentro del gas producto, pueden causar problemas ambientales y de funcionamiento.
- ❖ La clave para lograr recuperación de energía limpia a partir de la gasificación de residuos sólidos urbanos será superar los problemas asociados con la liberación y formación de contaminantes.
- ❖ La limpieza o depuración del gas de síntesis proveniente de los RSU es uno de los principales obstáculos para lograr un mayor desarrollo de estas tecnologías. “Los motores a gas y las turbinas suelen tener baja tolerancia a las impurezas en el gas de síntesis y por lo tanto, el depurado del gas es un desafío cuando se procesa un insumo tan heterogéneo como los RSU. Se considera que la limpieza del gas de síntesis de este tipo de materias primas es difícil de alcanzar y constituye un importante factor de riesgo en la integración de técnicas de gasificación de residuos sólidos urbanos con recuperación de energía con alta eficiencia”. (Consultora Juniper, Octubre 2008).
- ❖ Estas plantas requieren constantes pruebas hasta que se logra la “puesta a punto” para alcanzar un buen funcionamiento, proceso que genera aún mayores gastos.

- ❖ Las recurrentes fallas técnicas de estos procesos también son un problema de consideración, especialmente los agrietamientos del recubrimiento del reactor debido a las altas temperaturas y a la corrosión.

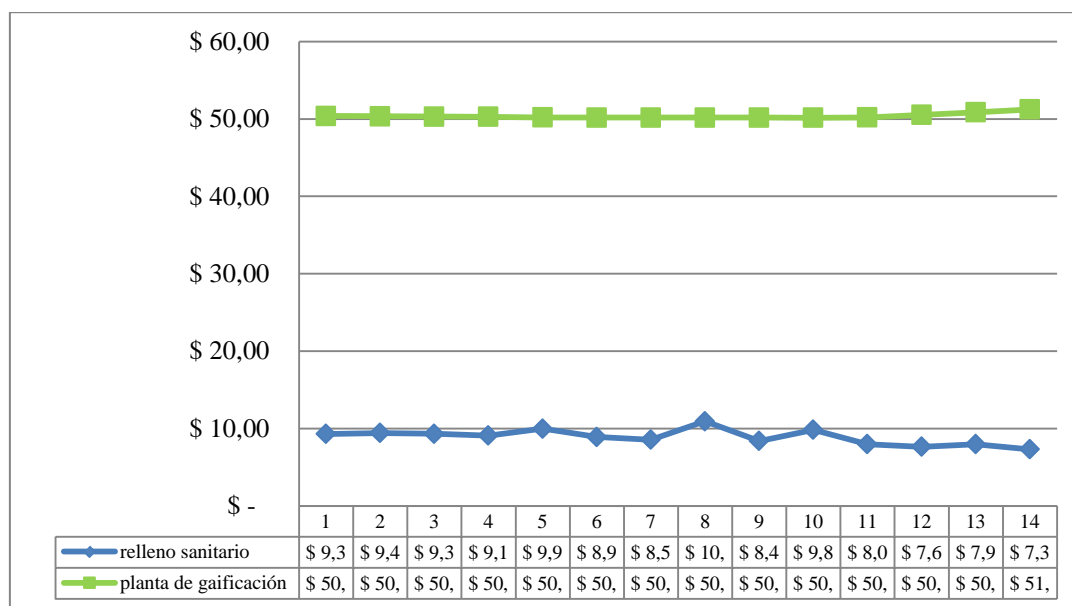
#### 4.4.3 Relleno Sanitario versus Gasificación

**Figura 8.** Análisis económico - inversión



**Elaboración:** Diana Ruales

**Figura 9.** Costo tonelada



**Elaboración:** Diana Ruales

**Tabla 15.** Datos comparativos, Relleno Sanitario/Planta de Gasificación

	<b>Relleno Sanitario</b>	<b>Planta de Gasificación</b>
Disponibilidad de terreno	Sitios extensos	Terrenos muy pequeños
Lixiviados	Genera y es preciso un sistema de recogida y tratamiento	No genera
Gases	La descomposición genera grandes cantidades de gases a la atmósfera	Reducción de metano y CO <sub>2</sub>
Gas de síntesis	No aplica	Debe ser tratado antes de servir como combustible y su calidad dependerá del tipo de residuos procesados
Fauna nociva (ratones, insectos, aves)	Si no se opera adecuadamente puede aparecer. Requiere control sanitario La cobertura debe ser diaria	No genera
Olores	Genera olores durante la operación de descarga y mientras no sean cubiertos La cobertura debe ser diaria	Mínimo
Alquitranes	No genera	Son un problema ambiental si el proceso no es controlado adecuadamente
Inversión inicial	Moderada	Muy elevada
Ganancia	No Genera	Genera con la venta de energía y materiales reciclables
Uso de combustible en el proceso	No necesita	Diesel
Experiencia en el país	Es la técnica de disposición final más utilizada	No existe
Escorias y cenizas	No genera	Su uso depende de sus características físicas, químicas y mecánicas
Energía	No necesita y no genera	Autoconsumo y venta
Personal	Poca capacitación	Conocimientos de ingeniería
Dependencia de otro mecanismo de disposición final	El relleno puede operar sin ninguna tecnología complementaria	El proceso genera una fracción rechazo que necesita ser dispuesta en un relleno sanitario
Normativa	Ampliamente desarrollada y vigente	No existe para el proceso en específico
Actividades de reciclaje	Disminuye el volumen de desechos y aumenta su vida útil Inclusión de minadores	Reducción de los costos de la planta de clasificación

**Elaboración:** Diana Ruales

## **CAPÍTULO V**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

- ❖ En el país la competencia del manejo de los residuos es de los municipios, pero su gestión no ha sido la más efectiva, de los 221 municipios, la mayoría disponen sus desechos en botaderos a cielo abierto.
- ❖ A la hora de escoger el tratamiento más adecuado para los residuos, la composición de éstos juega un papel determinante en la toma de decisiones a nivel técnico. Adicionalmente es importante promover acciones de reciclaje, beneficiando la homogenización del residuo y planteando un tratamiento más ajustado a las características.
- ❖ Hasta ahora los métodos de disposición empleados no son suficientes para solucionar el problema de los desechos. Los rellenos sanitarios solo almacenan desechos, bajo este concepto se promueve a la gasificación como un proceso termoquímico destacado por la reducción en el volumen de desechos y recuperación de energía para autoconsumo y venta.
- ❖ El relleno sanitario es la técnica de disposición final más generalizada y barata usada en nuestro país.
- ❖ A través de un estudio de caso realizado para Santa Elena, la implementación del relleno sanitario tiene un costo de \$1.103.071, una planta de gasificación asciende a \$ 8.658.400.
- ❖ Analizando el caso hipotético de una inversión directa para el primer año para ambos métodos, el costo por disposición de una tonelada en el relleno alcanza los \$42,95, mientras que en la planta de gasificación costaría \$337,15.

- ❖ El costo por tonelada en promedio durante los 14 años de operación para los dos métodos de disposición, calculados en función de los gastos de operación y mantenimiento es: para el relleno sanitario \$8,93 y para la planta de gasificación \$ 50,37.
- ❖ A diferencia del relleno sanitario, el proceso en la planta de gasificación genera potenciales ganancias por la venta de energía, sin embargo para el caso de Santa Elena, la planta no alcanza a autofinanciarse, debido a que la cantidad de residuos procesados es muy pequeña. Una planta de gasificación es rentable económicamente con una generación de al menos 50.000 ton/año, la generación en Santa Elena se encuentra aproximadamente a la mitad de esta cantidad.
- ❖ Los Municipios deberán fijar una tasa a los usuarios por la disposición final de los desechos, independientemente del método que se escoja, monto que solventará al menos los gastos de administración, operación y mantenimiento.
- ❖ Técnica y ambientalmente, nuestro país no tiene experiencia con la tecnología de gasificación. Este proceso es nuevo, recientemente patentado para operar con horno rotatorio horizontal, será necesario capacitar personal para que operen adecuadamente las plantas.
- ❖ La gasificación promueve las siguientes ventajas: reducción en la emisión de metano y dióxido de carbono, no genera lixiviados, reduce considerablemente el volumen de desechos, recupera energía, disminuye la dependencia de los rellenos sanitarios, el horno rotatorio horizontal ofrece mejor control del proceso principalmente con las altas temperaturas y tiempo de residencia garantizando que no se generen alquitranes, dioxinas y furanos. Entre sus desventajas: para procesar RSU primero deben pasar por un estricto proceso de transformación para homogenizar la materia prima, si no se monitorea continuamente el proceso pueden generar fallas que ocasionen incrustaciones en las tuberías y contaminantes importantes difíciles de eliminar.
- ❖ El relleno tiene las siguientes ventajas: puede recibir cualquier tipo de residuo, su vida útil generalmente supera los 10 años, evitan malos olores cuando la cobertura es adecuada y a tiempo, con un control sanitario de evita la presencia de vectores, no contamina el agua gracias a la impermeabilización del sitio. Y entre sus desventajas: ocupan grandes cantidades de terreno, a menudo existen limitaciones para buscar el lugar idóneo para su funcionamiento, no siempre cuenta con todo el material de cobertura, de no operar adecuadamente pueden darse infiltraciones de lixiviados con riesgo de contaminar fuentes

de agua, elimina grandes cantidades de gases a la atmósfera por efecto de la descomposición de los residuos orgánicos.

## **5.2 Recomendaciones**

- ❖ Se debe afianzar las campañas de recolección selectiva y reciclaje a nivel nacional, su aplicación beneficia a cualquier método de disposición final que se vaya a seleccionar.
- ❖ Se deben realizar estudios más profundos de otras tecnologías de disposición final encaminadas con la protección ambiental y económicamente viables. Los municipios deben ejercer la competencia del manejo de desechos con responsabilidad y eficiencia.
- ❖ Al promover nuevas tecnologías, el país debe desarrollar normativa que regule dichos procesos, en base a experiencias técnicas y ambientales en otros países.
- ❖ Si bien la operación de un relleno es mucho más barato, se debe procurar se realicen las medidas de prevención necesarias para que no termine siendo un botadero a cielo abierto.
- ❖ De acuerdo al análisis para la planta de gasificación, pese que en este estudio de caso por los costos no es aplicable, se debe aprovechar esta tecnología de disposición final en GADs y/o mancomunidades de GADs que cumplan con la producción de residuos para que sea autosustentable.
- ❖ Se debe procurar que técnicos nacionales se preparen en manejo y operación de tecnologías limpias de aprovechamiento de residuos sólidos, eliminando la dependencia extranjera profesional.



## **CAPÍTULO VI**

### **6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

#### **6.1 Bibliografía**

1. Frías, L. (2008). "Recuperación Energética de los Residuos Urbanos con Tecnología por Plasma". Universidad Pontifica Comillas, Madrid, España.
2. Greenpeace, (2011). "Nuevas Tecnologías para el Tratamiento de Residuos Urbanos: Viejos Riesgos y Ninguna Solución".
3. Jaramillo, J. (2002). Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. (en colaboración OPS/CEPIS).
4. Marín, J. (2008). "Análisis Técnico - Económico de la Tecnología de Gasificación por Plasma Aplicada a la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos". Universidad Pontificia Comillas, Madrid, España.
5. Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. (2014). "Reactor para la Obtención de Gas a partir de Biomasa o Residuos Orgánicos y Procedimiento para la Obtención de Gas en dicho Reactor". Greene Waste to Energy, Alicante, España.
6. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. (Mayo 2002). "Análisis Sectorial de Residuos Sólidos", Ecuador.
7. Ortiz, I. (2013). "Caracterización de Contaminantes Orgánicos Generados en la Gasificación de Residuos". Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.
8. Ríos, A. (2009). "Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos". Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.

9. Simon-Vermont, B. (2010). "Modelo para el Manejo de Residuos Sólidos Generados por el Recinto Chiriboga y sus Alrededores". Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador.

## **6.2 Webgrafía**

1. <http://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>. (Visitado 04/10/2013).
2. <http://www.greene.es/>. (visitado 08/10/2013).
3. <http://redatam.inec.gob.ec/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CPV2010&MAIN=WebServerMain.inl> (visitado 05/05/2014).
4. <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/cursos/desechos/desec-04.html> (visitado 16/11/2013).
5. <http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/esantall/q37.0/Clase%206%20-Residuos/GESTION%20INTEGRAL%20DE%20RESIDUOS.pdf> ( Visitado 23/12/2013).
6. <http://www.cps.unizar.es/~proter/Gasificaci%F3n.htm> (visitado 26/12/2013).

## CAPÍTULO VII

### 7. ANEXOS

#### ANEXO A: GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Agua subterránea:** Es toda agua del subsuelo, que se encuentra en la zona de saturación (se sitúa debajo del nivel freático donde todos los espacios abiertos están llenos con agua, con una presión igual o mayor que la atmosférica).

**Aguas superficiales:** Toda aquella agua que fluye o almacena en la superficie del terreno.

**Auditoría Ambiental:** Es el conjunto de herramientas de manejo sistemático, documentado y objetivo de una evaluación de la organización ambiental, operación y equipamiento, a fin de contribuir a salvaguardar el ambiente con el objeto de: a) facilitar el manejo del control de las prácticas ambientales, b) evaluar la articulación de las políticas empresariales con los requisitos de las regulaciones.

**Biodegradable:** Referido a una sustancia o producto industrial que puede descomponerse por la acción biológica de microorganismos.

**Biótico:** Relativo a la vida y a los organismos. Los factores bióticos constituyen la base de las influencias del medio ambiente que emanan las actividades de los seres.

**Calidad de vida:** Término que involucra al bienestar físico, mental, ambiental y social de acuerdo a la percepción de cada individuo y cada grupo. Es función además de las características del medio en que el proceso se desenvuelve.

**Combustible de residuo (CDR):** Combustibles alternativos derivados de residuos no peligrosos, capaces de sustituir al combustible convencional de un horno industrial, de forma que es posible recuperar prácticamente el 100% de la energía contenida en los residuos y que tienen características determinadas y estables en el tiempo y cumplen con los requisitos técnicos establecidos por los utilizadores.

**Contaminación:** Es la presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellas, en concentraciones y permanencia superiores o inferiores a las establecidas en la legislación vigente.

**Disposición final:** Es la acción de depósito permanente de los desechos sólidos en sitios y condiciones adecuadas para evitar daños al ambiente.

**Fauna:** Contenido de organismos animales de un sitio determinado.

**Férreo:** Es de hierro o está compuesto de hierro.

**Flora:** Es el conjunto de las especies y variedades de plantas de un territorio dado.

**Gas de síntesis:** Es un combustible gaseoso obtenido a partir de sustancias ricas en carbono (hulla, carbón, coque, nafta, biomasa) sometidas a un proceso químico a alta temperatura.

**Generación:** Cantidad de desechos sólidos originados por una determinada fuente en un intervalo de tiempo dado.

**Generador:** se entiende toda persona natural o jurídica, pública o privada cuya actividad produzca residuos, si esa persona es desconocida será aquella persona que éste en posesión de esos residuos y/o los controle.

**Gestión Ambiental:** Conjunto de políticas, normas, actividades operativas y administrativas de planeamiento, financiamiento y control estrechamente vinculadas, que deben ser ejecutadas por el Estado y la sociedad para garantizar el desarrollo sustentable y una óptima calidad de vida.

**Gestión de residuos:** Formas y métodos de administración y utilización de los residuos de un territorio o área protegida que se aplican con el propósito de lograr su aprovechamiento sostenible.

**Impacto Ambiental:** Es la alteración positiva o negativa del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en una área determinada.

**Legislación Ambiental:** Es un complejo conjunto de tratados, convenios, estatutos, reglamentos, y el derecho común que, de manera muy amplia, funcionan para regular la interacción de la humanidad y el resto de los componentes biofísicos o el medio ambiente natural, hacia el fin de reducir los impactos de la actividad humana, tanto en el medio natural y en la humanidad misma.

**Lixiviado:** Líquido que percola a través de los residuos, formado por el agua proveniente de precipitaciones, pluviales o escorrentías. El lixiviado puede provenir además de la humedad de los residuos, por reacción o descomposición de los mismos y que arrastra sólidos disueltos o en suspensión y contaminantes que se encuentran en los mismos residuos.

**Materia orgánica:** Sustancia cuyo componente constante es el carbono. Término empleado para designar a los residuos de alimentos, restos de poda y jardinería, papeles y celulosa mojados. Es fácilmente fermentable y se utiliza para la fabricación de compost.

**Metano:** Hidrocarburo producto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica. Es el componente principal del gas natural y biogás. Junto con el CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O es el principal gas responsable del efecto invernadero.

**Monóxido de carbono:** Gas incoloro, inodoro, inflamable y muy tóxico que se genera en la combustión incompleta de materiales orgánicos y combustibles fósiles.

**Reciclaje:** considerados desechos. Separación, recuperación, procesamiento y reutilización de productos y materiales obsoletos o de subproductos industriales. Retorno a un sistema de producción de materiales desechados, inútiles o sobrantes de procesos industriales, para su utilización en la manufactura de bienes materiales, con miras a obtener ganancias, para la conservación de recursos naturales escasos, para aprovechar materiales que requieran mucha energía para su transformación primaria.

**Relleno sanitario:** Técnica de ingeniería para el adecuado confinamiento de residuos sólidos municipales. El método consiste en confinar los desechos sólidos en un área menor posible y comprende el esparcimiento, acomodo y compactación de los residuos, reduciendo su volumen al mínimo aplicable, para luego cubrirlos con una capa de tierra u otro material inerte por lo menos diariamente y efectuando el control de los gases, lixiviados, y la proliferación de vectores, sin causar perjuicio al medio ambiente, molestia o peligro para la salud y seguridad pública.

**Residuos orgánicos:** son aquellos que tienen la capacidad de fermentar y ocasionan procesos de descomposición. Aunque la naturaleza los puede aprovechar como parte del ciclo natural de la vida, cuando se acumulan posibilitan la multiplicación de microbios y plagas, convirtiéndose en potenciales fuentes de contaminación de aire, agua y suelo.

**Reuso:** Proceso de utilización de un material recuperado en otro ciclo de producción distinto al que le dio origen o como bien de consumo.

**Tratamiento:** Proceso de transformación física, química o biológica de los desechos sólidos para modificar sus características o aprovechar su potencial y en el cual se puede generar un nuevo desecho sólido, de características diferentes.

**Vector:** Agente que transporta algo de un lugar a otro. Ser vivo que puede transmitir o propagar una enfermedad.

**ANEXO B: PRESUPUESTO DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS SÓLIDOS DE LA MANCOMUNIDAD SANTA ELENA**

**1. EQUIPO MECÁNICO**

RUBRO	CANTIDAD DE EQUIPO MECÁNICO RELLENO EL TAMBO																	
	Unidad	Costo unitario	Fuente	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Retroexcavadora y cargadora frontal (tipo CAT D426)	U	\$ 96.000,00	Portal INCOP	\$ 96.000,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Repotenciación Retroexcavadora y cargadora frontal	Repiten	\$ 37.413,25	Mét.Internacional	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 37.413,25	-	-	-	-
Volquete 10 m³ de capacidad (Tipo Hino Serie500)	U	\$ 78.145,20	Inf. Eco-Mecánico	\$ 78.145,2	-	-	-	-	-	-	-	\$ 78.145,20	-	-	-	-	-	-
Repotenciación Volquete de 10 m³ de capacidad	Repiten	\$ 14.929,37	Mét.Internacional	-	-	-	-	-	\$ 14.929,37	-	-	-	-	-	-	-	\$ 14.929,37	-
Tractor de orugas para relleno sanitario (tipo CAT D6)	U	\$ 175.000,00	Portal INCOP	\$ 175.000,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Repotenciación Tractor de orugas relleno sanitario	Repiten	\$ 83.300,00	Mét.Internacional	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 83.300,00	-	-	-	-
BASCULA CAMIONERA PLATAFORMA	U	\$ 22.000,00	Portal INCOP	\$ 22.000,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL				\$ 371.145,2	-	-	-	-	\$ 14.929,37	-	-	\$ 78.145,20	-	\$ 120.713,2	-	-	\$ 14.929,37	-

**Fuente:** Estudios y diseños definitivos para la gestión integral de desechos sólidos de la mancomunidad Santa Elena (La Libertad, Salinas y Santa Elena),

2012

## 2. OBRA CIVIL

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	PRECIO
			UNITARIO	TOTAL
<b>2.1 CONFORMACIÓN PRIMERA PLATAFORMA</b>				
REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE OBRAS CIVILES LINEALES	ML	1.695,58	\$ 1,370	\$ 2.322,94
EXCAVACIÓN A MAQUINA EN SUELO NORMAL	M3	77.855,82	\$ 2,336	\$ 181.871,20
RELLENO COMPACTADO MATERIAL EXISTENTE	M3	778,55	\$ 3,739	\$ 2.911,00
ACARREO MECÁNICO MATERIAL DISTANCIA 1 KM	M3	77.855,82	\$ 1,415	\$ 110.165,99
CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE EQUIPO PESADO	M2	53.151,00	\$ 0,316	\$ 16.795,72
EXCAVACIÓN DE ZANJA A MAQUINA PARA DREN	M3	783,61	\$ 2,596	\$ 2.034,25
CONFORMACIÓN DREN PRINCIPAL DE 80x80	ML	1.229,39	\$ 30,221	\$ 37.153,40
CONFORMACIÓN DREN SECUNDARIO DE 60x60	ML	12,29	\$ 21,887	\$ 268,99
SUM/INST GEOMEMBRANA IMPERMEABLE PEAD Esp=1.5mm PUNZONAMIENTO > 290N	M2	53.151,00	\$ 8,779	\$ 466.612,63
CONFORMACIÓN POZO-CHIMENEA BIO-GAS H=3m (Incluye Exc-Mat-Rell)	U	32,00	\$ 126,699	\$ 4.054,37
EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJA - CANAL DRENAJE TIPO 1	M3	200,00	\$ 6,030	\$ 1.206,00
HUMEDECIMIENTO SUELO	M	2.600,00	\$ 1,212	\$ 3.151,20
PRECAUCIÓN CON CINTA PLÁSTICA	ML	490,00	\$ 1,215	\$ 595,35
CABALLETES DE PREVENCIÓN	U	10,00	\$ 97,381	\$ 973,81
LETRERO INFORMACIÓN 1.20m x 2.40m	U	4,00	\$ 171,350	\$ 685,40
				<b>\$ 830.802,23</b>
<b>2.2 VÍA DE INGRESO ASFALTADA</b>				
REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	M2	3.312,00	\$ 1,560	\$ 5.166,72
EXCAVACIÓN A MAQUINA EN SUELO NORMAL	M3	2.489,20	\$ 2,336	\$ 5.814,77
RELLENO COMPACTADO MATERIAL EXISTENTE	M3	372,60	\$ 3,739	\$ 1.393,15
DESALOJO SOBRANTE EXCAVACIÓN HASTA 5 Km	M3	2.116,60	\$ 2,306	\$ 4.880,88
EXCAVACIÓN Y RELLENO ESTRUCTURAS MENORES	M3	110,40	\$ 7,218	\$ 796,87
CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE	M2	3.312,00	\$ 0,713	\$ 2.361,46
GEOMALLA BIAxIAL BX-65 (68KN/m) 520 GR/M2	M2	3.312,00	\$ 6,879	\$ 22.783,25
GEOTEXTIL PERMEABLE TEJIDO PARA SEPARACIÓN DE SUELOS (TIPO PAVCO 1400 NT)	M2	3.312,00	\$ 2,315	\$ 7.667,28
SUB - BASE CLASE 3	M3	828,00	\$ 9,566	\$ 7.920,65
IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	M2	3.312,00	\$ 0,830	\$ 2.748,96
ARENA PARA PROTECCIÓN Y SECADO	M2	3.312,00	\$ 0,890	\$ 2.947,68
CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE ESP=5cm	M2	3.312,00	\$ 6,958	\$ 23.044,90

BORDILLO H.S. Fc=180KG/CM2, H=50CM x B=20CM. INC ENC	M	1.104,00	\$ 16,817	\$ 18.565,97
ACERAS PERIMETRALES ANCHO 70CM, EMPEDRADO E=10CM	M2	772,80	\$ 25,923	\$ 20.033,29
PINTURA DE TRAFICO	M	55,20	\$ 0,552	\$ 30,47
PRECAUCIÓN CON CINTA PLÁSTICA	ML	472,85	\$ 1,215	\$ 574,51
HUMEDECIMIENTO SUELO	M	472,85	\$ 1,212	\$ 573,09
CABALLETES DE PREVENCIÓN	U	4,00	\$ 97,381	\$ 389,52
				<b>\$ 127.693,42</b>
<b>2.3 FACILIDADES</b>				
CERRAMIENTO ALAMBRE PÚAS POSTE MADERA 5 FILAS	M	351,19	\$ 3,210	\$ 1.127,32
SIEMBRA ESPECIES HERBÁCEAS NATIVAS CIRCUNDANTES	M2	286,00	\$ 1,787	\$ 511,08
SIEMBRA DE ARBOLES	U	14,00	\$ 14,178	\$ 198,49
PUERTA 2.50mx6.0m ESTRUCTURA TUBO GALVANIZADO 2" CON PUERTA PEATONAL + MALLA 50/10 + PICAPORTE + CANDADO VIRO 50mm	U	1,00	\$ 735,514	\$ 735,51
ESTUDIO, TRAMITES Y PAGO APROBACIÓN DEL PROYECTO ELÉCTRICO DEL TRANSFORMADOR	GBL	1,00	\$ 2.714,000	\$ 2.714,00
EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO EXTERIORES EL TAMBO	GBL	1,00	\$ 6.303,678	\$ 6.303,68
SUM/INST TANQUE CÓNICO DE POLIETILENO 1000 LITROS	U	2,00	\$ 298,743	\$ 597,49
ACCESORIOS HIDRÁULICOS ADUCCIÓN HACIA COBERTIZO	GBL	1,00	\$ 180,696	\$ 180,70
H.S. F'c=180 Kg/cm2 - PLATAFORMA BASE INCL ENCOF - EL TAMBO	M3	1,00	\$ 150,562	\$ 150,56
MALLA ELECTROSOLDADA 5mm@10cm - CORTE Y COLOCADO	M2	13,35	\$ 5,996	\$ 80,05
POZO SÉPTICO	U	1,00	\$ 138,389	\$ 138,39
LETRERO INFORMACIÓN 1.20m x 2.40m	U	1,00	\$ 171,350	\$ 171,35
BOMBA Y SISTEMA HIDRONEUMÁTICO	GBL	1,00	\$ 1.124,953	\$ 1.124,95
HITO DEMARCACIÓN INFLUENCIA BOTADERO	U	6,00	\$ 153,917	\$ 923,50
OBRA CIVIL PLATAFORMA BASCULA	GBL	1,00	\$ 5.436,425	\$ 5.436,43
				<b>\$ 20.393,50</b>
<b>2.4 RED COLECTORA SANITARIA - CAJÓN REPARTIDOR</b>				
REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE OBRAS CIVILES LINEALES	ML	273,72	\$ 1,370	\$ 375,00
REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	M2	12,00	\$ 1,560	\$ 18,72
EXCAVACIÓN DE ZANJA A MAQUINA H=0.00-2.75m (EN TIERRA)	M3	161,52	\$ 2,596	\$ 419,31
EXCAVACIÓN MANUAL EN SUELO NORMAL	M3	12,25	\$ 6,204	\$ 76,00
CONFORMACIÓN BASE DE ARENA	M3	6,54	\$ 27,913	\$ 182,55
SUM/INST TUB. PVC ALC D=200mm - INEN 2059	M	307,72	\$ 22,906	\$ 7.048,63



CAJA SANITARIA DE REVISIÓN INCL. EXC + TAPA H.A	U	5,00	\$ 103,368	\$ 516,84
POZO REVISIÓN H.S. H=1.76-2.25m INCL. TAPA, CERCO Y PELDAÑOS	U	2,00	\$ 808,976	\$ 1.617,95
RELLENO COMPACTADO MATERIAL EXISTENTE	M3	78,26	\$ 3,739	\$ 292,61
ACERO DE REFUERZO CORTE Y COLOCADO	KG	353,50	\$ 1,913	\$ 676,25
ENCOFRADO/DESENCOFRADO MADERA DE MONTE	M2	11,25	\$ 8,765	\$ 98,61
H.S. F'c=210 KG/CM2 (LOSAS, PAREDES)	M3	4,50	\$ 176,907	\$ 796,08
ACCESORIOS HIDRÁULICOS CAJÓN REPARTIDOS	GBL	1,00	\$ 487,574	\$ 487,57
ENLUCIDO VERTICAL INTERIOR EXTERIOR 1:4	M2	31,70	\$ 8,521	\$ 270,12
EMPEDRADO BASE h=0.15m (PIEDRA BOLA)	M2	9,00	\$ 11,706	\$ 105,35
DESALOJO SOBRANTE EXCAVACIÓN HASTA 5 Km	M3	83,26	\$ 2,306	\$ 192,00
				<b>\$ 13.173,59</b>
<b>2.5 CONFORMACIÓN CELDAS ESPECIALES</b>				
MODULO CELDA CONFINADA - SIN EXCAVACIÓN 12.0x4.0x2.7m (VOL ÚTIL=80m3) - DESECHOS TÓXICOS	U	5,00	\$ 1.830,744	\$ 9.153,72
MODULO CELDA CONFINADA - SIN EXCAVACIÓN 12.0x4.0x2.7m (VOL ÚTIL=80m3) - DESECHOS HOSPITALARIOS	U	5,00	\$ 1.830,744	\$ 9.153,72
CARPA ESTRUCTURA METÁLICA COBERTURA LONA BLANCA Ancho=4.8m Long=12m	U	2,00	\$ 1.776,230	\$ 3.552,46
				<b>\$ 21.859,90</b>
<b>2.6 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS</b>				
REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	M2	1.716,00	\$ 1,560	\$ 2.676,96
EXCAVACIÓN A MAQUINA EN SUELO NORMAL	M3	2.597,81	\$ 2,336	\$ 6.068,48
EXCAVACIÓN MANUAL EN SUELO NORMAL	M3	36,00	\$ 6,204	\$ 223,34
SUM/INST TUB. PVC P E/C 1.25 MPa D=200mm	ML	27,00	\$ 46,426	\$ 1.253,50
SUM/INST TUB. PVC P E/C 1.25 MPa D=200mm PERFORADA d=2cm C/25cm	ML	12,00	\$ 48,680	\$ 584,16
SUM/INST TUB. PVC P E/C 1.25 MPa D=110mm	ML	18,00	\$ 13,753	\$ 247,55
SUM/INST TUB. PVC P E/C 1.25 MPa D=63mm (VENTILACIÓN)	ML	60,00	\$ 5,994	\$ 359,64
ACCESORIOS HIDRÁULICOS UNIDAD DE TRATAMIENTO	GBL	2,00	\$ 348,100	\$ 696,20
DRENES CON TUBERÍA PVC 110MM	M	50,00	\$ 6,581	\$ 329,05
JUNTA IMPERMEABLE PVC 15cm	M	85,00	\$ 13,304	\$ 1.130,84
ACERO DE REFUERZO CORTE Y COLOCADO	KG	9.733,00	\$ 1,913	\$ 18.619,23
H.S. F'c=140 KG/CM2 (REPLANTILLO)	M3	7,30	\$ 114,689	\$ 837,23
H.S. F'c=210 KG/CM2 (LOSAS, PAREDES)	M3	133,90	\$ 176,907	\$ 23.687,85
ENCOFRADO/DESENCOFRADO MADERA DE MONTE	M2	285,00	\$ 8,765	\$ 2.498,03
RELLENO COMPACTADO MATERIAL EXISTENTE	M3	267,00	\$ 3,739	\$ 998,31
DESALOJO SOBRANTE EXCAVACIÓN HASTA 5 Km	M3	580,00	\$ 2,306	\$ 1.337,48

LECHO FILTRANTE DE MATERIAL PÉTREO DE 2.5 A 10 CM	M3	114,29	\$ 25,746	\$ 2.942,51
MARCOS H TUB ACERO USADA 3"	U	6,00	\$ 43,196	\$ 259,18
PINTURA ANTICORROSIVA EXTERIOR TUBERÍA Y MARCOS H	GBL	1,00	\$ 127,933	\$ 127,93
TAPA Y CERCO BOCA DE VISITA 1x1 M E=1MM	U	1,00	\$ 258,772	\$ 258,77
SUMINISTRO DE CARBÓN COQUE	M3	8,50	\$ 272,580	\$ 2.316,93
SUM/INST BOMBA A MOTOR 2 HP	U	1,00	\$ 439,131	\$ 439,13
PROV. INST TUBERÍA PVC U/Z D=63mm 1.00Mpa	M	1,00	\$ 4,745	\$ 4,75
SUM/INST CODO 90° PVC E/C D=63mm	U	3,00	\$ 2,602	\$ 7,81
SUM/INST TEE PVC E/C D=63mm	U	2,00	\$ 2,685	\$ 5,37
SUM/INST TUB FLEX 0.63MPa D=50mm - RIEGO POR GOTERO	M	250,00	\$ 5,550	\$ 1.387,50
SIEMBRA ESPECIES HERBÁCEAS NATIVAS CIRCUNDANTES	M2	125,00	\$ 1,787	\$ 223,38
ESCARIFICACIÓN DE BASES	M2	1.250,00	\$ 3,454	\$ 4.317,50
SUM/INST GEOMEMBRANA IMPERMEABLE PEAD Esp=1.5mm PUNZONAMIENTO > 290N	M2	1.745,00	\$ 8,779	\$ 15.319,36
				<b>\$ 89.157,96</b>
<b>2.7 GARITA DE INGRESO</b>				
LIMPIEZA Y DESBROCE	M2	84,64	\$ 1,147	\$ 97,08
REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	M2	49,00	\$ 1,560	\$ 76,44
EXCAVACIÓN MANUAL EN SUELO NORMAL	M3	11,70	\$ 6,204	\$ 72,59
ENCOFRADO/DESENCOFRADO MADERA DE MONTE	M2	82,50	\$ 8,765	\$ 723,11
HORMIGÓN SIMPLE F'C=210 KG/CM2	M3	12,00	\$ 173,413	\$ 2.080,96
ACERO DE REFUERZO CORTE Y COLOCADO	KG	863,50	\$ 1,913	\$ 1.651,88
BAJANTES AGUA LLUVIA PVC DESAGÜE 110MM	ML	3,00	\$ 7,877	\$ 23,63
CERÁMICA DE PISO ANTIDESLIZANTE TIPO GRAIMAN	M2	21,70	\$ 28,927	\$ 627,72
CERÁMICA EN PARED	M2	4,88	\$ 28,927	\$ 141,16
CONTRAPISO ESP=0.20M-PIEDRA=13CM-H.S 180KG/CM2 E=7CM	M2	23,04	\$ 11,765	\$ 271,07
ENLUCIDO VERTICAL INTERIOR EXTERIOR 1:4	M2	60,00	\$ 8,521	\$ 511,26
MAMPOSTERÍA DE BLOQUE e=15 cm	M2	30,00	\$ 16,343	\$ 490,29
PINTURA DE CAUCHO/LÁTEX (2 MANOS)	M2	60,00	\$ 3,315	\$ 198,90
PUNTO AGUA POTABLE PVC ROSCABLE D=1/2"	PTO	2,00	\$ 7,336	\$ 14,67
PUNTO DE DESAGÜE - INCLUYE TUBERÍA PVC	PTO	4,00	\$ 31,322	\$ 125,29
PUNTO DE LUZ INCLUYE FOCOS - 100WATTS	PTO	2,00	\$ 17,770	\$ 35,54
PUNTOS DE FUERZA TOMACORRIENTES DOBLE POLARIZADO	PTO	1,00	\$ 14,628	\$ 14,63
TABLERO Y BREAKERS DE CONTROL DE 2 A 4 PTOS	U	1,00	\$ 67,950	\$ 67,95

SUM. INST INODORO BLANCO+HERRAJES Y TUBO ABASTO LAVAMANOS SIN PEDESTAL + GRIFERÍA	GBL.	1,00	\$ 130,219	\$ 130,22
SUM. INST VENTANA ALUMINIO COLOR NATURAL+VIDRIO FLOT 4MM INCL MALLA ANTI MOSQUITO	M2	17,40	\$ 71,588	\$ 1.245,63
SUM. INST PUERTA MADERA PANELADA,INCL CERRADURA 0.80 x 2M - INCL MARCO Y TAPA MARCO	U	2,00	\$ 171,217	\$ 342,43
SUM. INST PUERTA PRINCIPAL MADERA PANELADA, INCL CERRADURA, 0.95*2 M - INCL MARCO Y TAPA MARCO	U	1,00	\$ 202,971	\$ 202,97
ACERAS PERIMETRALES ANCHO 70CM, EMPEDRADO E=10CM	M2	16,94	\$ 25,923	\$ 439,14
DESALOJO SOBRANTE EXCAVACIÓN HASTA 5 Km	M3	11,70	\$ 2,306	\$ 26,98
				<b>\$ 9.611,53</b>
<b>2.8 COBERTIZO DE MANTENIMIENTO</b>				
REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	M2	150,00	\$ 1,560	\$ 234,00
EXCAVACIÓN MANUAL EN SUELO NORMAL	M3	29,84	\$ 6,204	\$ 185,13
RELLENO COMPACTADO MATERIAL IMPORTADO TIPO SUB-BASE CLASE III (MEJORAMIENTO SUELO)	M3	5,00	\$ 10,519	\$ 52,60
ENCOFRADO/DESENCOFRADO MADERA DE MONTE	M2	56,00	\$ 8,765	\$ 490,84
H.S. F'c=140 KG/CM2 (REPLANTILLO)	M3	1,61	\$ 114,689	\$ 184,65
H.S. F'c=210 KG/CM2 (CADENAS, VIGAS, COLUMNAS)	M3	5,32	\$ 166,346	\$ 884,96
H.S. F'c=210 KG/CM2 (ESCALERAS)	M3	2,35	\$ 166,346	\$ 390,91
H.S. F'c=210 KG/CM2 (LOSAS, PAREDES)	M3	1,85	\$ 176,907	\$ 327,28
H.S. F'c=210 KG/CM2 (MURO)	M3	3,98	\$ 190,734	\$ 759,12
H.S. F'c=210 KG/CM2 (PLINTOS, CIMIENTOS)	M3	3,96	\$ 180,401	\$ 714,39
ACERO DE REFUERZO CORTE Y COLOCADO	KG	3.268,21	\$ 1,913	\$ 6.252,09
ESTRUCTURA METÁLICA (COLUMNAS, VIGAS DE AMARRE Y CORREAS CUBIERTA)	KG	456,50	\$ 3,580	\$ 1.634,27
MAMPOSTERÍA DE BLOQUE e=15 cm	M2	152,00	\$ 16,343	\$ 2.484,14
ENLUCIDO VERTICAL INTERIOR EXTERIOR 1:4	M2	304,00	\$ 8,521	\$ 2.590,38
SUM. INST VENTANA ALUMINIO COLOR NATURAL+VIDRIO FLOT 4MM INCL MALLA ANTI MOSQUITO	M2	5,00	\$ 71,588	\$ 357,94
CERÁMICA EN PARED	M2	4,50	\$ 28,927	\$ 130,17
CERÁMICA DE PISO ANTIDESLIZANTE TIPO GRAIMAN	M2	9,00	\$ 28,927	\$ 260,34
SUM. INST INODORO BLANCO+HERRAJES Y TUBO ABASTO LAVAMANOS SIN PEDESTAL + GRIFERÍA	GBL.	1,00	\$ 130,219	\$ 130,22
ESTILPANEL AR2 E=0.40MM PARA CUBIERTAS, PAREDES O FRISOS	M2	168,00	\$ 7,392	\$ 1.241,86
PINTURA DE CAUCHO/LÁTEX (2 MANOS)	M2	304,00	\$ 3,315	\$ 1.007,76
PINTURA ANTICORROSIVA SUPERFICIE METAL	M2	77,20	\$ 5,269	\$ 406,77
PUNTO AGUA POTABLE PVC ROSCABLE D=1/2"	PTO	4,00	\$ 7,336	\$ 29,34
SUM/INST TUB PVC P ROSCABLE D=1/2" - INEN 2497	M	5,50	\$ 2,957	\$ 16,26
SUM/INST TUB PVC P ROSCABLE D=1" - INEN 2497	M	15,50	\$ 6,367	\$ 98,69

PUNTO DE LUZ INCLUYE FOCOS - 100WATTS	PTO	8,00	\$ 17,770	\$ 142,16
PUNTOS DE FUERZA TOMACORRIENTES DOBLE POLARIZADO	PTO	4,00	\$ 14,628	\$ 58,51
TABLERO Y BREAKERS DE CONTROL DE 6 A 12 PTOS	U	1,00	\$ 82,512	\$ 82,51
PUNTO DE DESAGÜE - INCLUYE TUBERÍA PVC	PTO	4,00	\$ 31,322	\$ 125,29
SUM/INST TUB PVC DESAGÜE TIPO B D=110mm - INEN 1374	M	11,78	\$ 8,672	\$ 102,16
SUM/INST TUB PVC DESAGÜE TIPO B D=50mm - INEN 1374	M	8,60	\$ 4,993	\$ 42,94
CONTRAPISO DE H.S. 1:3:7 E=8 CM.	M2	144,00	\$ 12,415	\$ 1.787,76
ALISADO DE PISOS	M2	144,00	\$ 6,941	\$ 999,50
SUM. INST PUERTA BAÑO MADERA PANELADA, INCL CERRADURA 0.7 x 2.0M - INCL MARCO Y TAPAMARCO	U	1,00	\$ 153,083	\$ 153,08
SUM. INST PUERTA PRINCIPAL MADERA PANELADA, INCL CERRADURA, 0.95*2 M - INCL MARCO Y TAPA MARCO	U	1,00	\$ 202,971	\$ 202,97
CAJA SANITARIA 80X80 CM	U	1,00	\$ 113,186	\$ 113,19
ACERAS PERIMETRALES ANCHO 70CM, EMPEDRADO E=10CM	M2	26,00	\$ 25,923	\$ 674,00
DESALOJO SOBRANTE EXCAVACIÓN HASTA 5 Km	M3	29,84	\$ 2,306	\$ 68,81
				<b>\$ 25.416,98</b>
<b>2.9 EDIFICIO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b>				
REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	M2	187,00	\$ 1,560	\$ 291,72
EXCAVACIÓN MANUAL EN SUELO NORMAL	M3	27,00	\$ 6,204	\$ 167,51
ACERO DE REFUERZO CORTE Y COLOCADO	KG	4.143,00	\$ 1,913	\$ 7.925,56
ENCOFRADO/DESENCOFRADO MADERA DE MONTE	M2	246,00	\$ 8,765	\$ 2.156,19
CONTRAPISO ESP=0.20M-PIEDRA=13CM-H.S 180KG/CM2 E=7CM	M2	130,22	\$ 11,765	\$ 1.532,04
H.S. F'c=140 KG/CM2 (REPLANTILLO)	M3	1,75	\$ 114,689	\$ 200,71
H.S. F'c=210 KG/CM2 (PLINTOS, CIMENTOS)	M3	7,00	\$ 180,401	\$ 1.262,81
H.S. F'c=210 KG/CM2 (CADENAS, VIGAS, COLUMNAS)	M3	7,80	\$ 166,346	\$ 1.297,50
H.S. EN CAPA SUPERIOR E INFERIOR F'c=180 Kg/cm2	M3	1,00	\$ 129,893	\$ 129,89
H.S. F'c=210 KG/CM2 (LOSAS, PAREDES)	M3	27,00	\$ 176,907	\$ 4.776,49
MAMPOSTERÍA DE BLOQUE e=15 cm	M2	182,00	\$ 16,343	\$ 2.974,43
ENLUCIDO VERTICAL INTERIOR EXTERIOR 1:4	M2	364,00	\$ 8,521	\$ 3.101,64
ENLUCIDO HORIZONTAL PALETEADO	M2	130,22	\$ 16,243	\$ 2.115,16
ENLUCIDO CHAMPEADO	M2	79,22	\$ 12,417	\$ 983,67
BLOQUE 15x20x40 cm LOSA	U	945,00	\$ 0,681	\$ 643,55
TABLERO Y BREAKERS DE CONTROL DE 6 A 12 PTOS	U	1,00	\$ 82,512	\$ 82,51
PUNTO DE LUZ (LUMINARIA FLUORESCENTE 2x32W)	PTO	27,00	\$ 15,266	\$ 412,18
PUNTO DE LUZ (LUMINARIA FLUORESCENTE 60W)	PTO	9,00	\$ 17,770	\$ 159,93

PUNTOS DE FUERZA TOMACORRIENTES DOBLE POLARIZADO	PTO	24,00	\$ 14,628	\$ 351,07
PUNTO DE DESAGÜE - INCLUYE TUBERÍA PVC	PTO	28,00	\$ 31,322	\$ 877,02
CAJA SANITARIA 80X80 CM	U	8,00	\$ 113,186	\$ 905,49
PUNTO AGUA POTABLE PVC ROSCABLE D=1/2"	PTO	16,00	\$ 7,336	\$ 117,38
ALISADO DE PISOS	M2	130,22	\$ 6,941	\$ 903,86
CERÁMICA DE PISO ANTIDESLIZANTE TIPO GRAIMAN	M2	99,80	\$ 28,927	\$ 2.886,91
PINTURA DE CAUCHO/LÁTEX (2 MANOS)	M2	232,30	\$ 3,315	\$ 770,07
CERÁMICA EN PARED	M2	41,20	\$ 28,927	\$ 1.191,79
SUM. INST VENTANA ALUMINIO COLOR NATURAL+VIDRIO FLOT 4MM INCL MALLA ANTI MOSQUITO	M2	27,24	\$ 71,588	\$ 1.950,06
SUM. INST PUERTA MADERA PANELADA, INCL CERRADURA, 1x2m INCL MARCO Y TAPA MARCO	U	2,00	\$ 211,880	\$ 423,76
SUM. INST PUERTA MADERA PANELADA, INCL CERRADURA, 0,9x2m INCL MARCO Y TAPA MARCO	U	3,00	\$ 202,971	\$ 608,91
SUM. INST PUERTA MADERA PANELADA, INCL CERRADURA, 0,6x2m INCL MARCO Y TAPA MARCO	U	9,00	\$ 185,153	\$ 1.666,38
PUERTA METÁLICA TUBO RECTANGULAR (PROVISIÓN Y MONTAJE)	M2	7,20	\$ 55,042	\$ 396,30
INODORO PRIMERA CALIDAD (PROVISIÓN Y MONTAJE)	U	6,00	\$ 123,639	\$ 741,83
LAVAMANOS ECONOMICO1 LLAVE (PROVISIÓN MONTAJE GRIFERÍA)	U	4,00	\$ 42,274	\$ 169,10
LAVAMANOS DE COCINA + ACCESORIOS Y LLAVE	U	1,00	\$ 83,956	\$ 83,96
DUCHA ELÉCTRICA Y ACCESORIOS	U	3,00	\$ 50,587	\$ 151,76
MUEBLE BAJO MESÓN (TABLERO REPISAS Y PUERTAS)	M	4,60	\$ 33,047	\$ 152,02
ACERAS PERIMETRALES ANCHO 70CM, EMPEDRADO E=10CM	M2	78,60	\$ 25,923	\$ 2.037,55
DESALOJO SOBRANTE EXCAVACIÓN HASTA 5 Km	M3	27,00	\$ 2,306	\$ 62,26
SUM/INST TUB. PVC ALC D=160mm - INEN 2059	M	46,00	\$ 14,540	\$ 668,84
				\$ 47.329,80
			<b>T O T A L =</b>	<b>\$ 1.185.438,91</b>

**Fuente:** Estudios y diseños definitivos para la gestión integral de desechos sólidos de la mancomunidad Santa Elena (La Libertad, Salinas y Santa Elena),

2012

### 3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

DESCRIPCIÓN	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Costos O&M - Mano de obra	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78
Costos O&M - Material de trabajo	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00
Costos O&M - Insumos y servicios equipos	\$ 59.405,26	\$ 59.993,82	\$ 63.800,31	\$ 68.570,33	\$ 65.217,42	\$ 65.965,50	\$ 70.780,45	\$ 67.470,03	\$ 68.244,01	\$ 73.099,88	\$ 69.850,84	\$ 70.666,83	\$ 75.416,30	\$ 72.100,33	\$ 72.787,67
Costos O&M - Gestión Ambiental	\$ 20.336,99	\$ 5.000,01	\$ 7.587,11	\$ 5.669,00	\$ 7.752,62	\$ 20.516,90	\$ 7.927,13	\$ 6.015,71	\$ 8.106,11	\$ 6.198,03	\$ 22.970,68	\$ 6.389,08	\$ 8.468,57	\$ 6.556,50	\$ 8.636,78
<b>Global Operación y Mantenimiento</b>	<b>\$ 192.052,04</b>	<b>\$ 177.303,61</b>	<b>\$ 183.697,20</b>	<b>\$ 186.549,11</b>	<b>\$ 185.279,81</b>	<b>\$ 198.792,18</b>	<b>\$ 191.017,36</b>	<b>\$ 185.795,51</b>	<b>\$ 188.659,89</b>	<b>\$ 191.607,69</b>	<b>\$ 205.131,30</b>	<b>\$ 189.365,69</b>	<b>\$ 196.194,65</b>	<b>\$ 190.966,60</b>	<b>\$ 193.734,22</b>

**Fuente:** Estudios y diseños definitivos para la gestión integral de desechos sólidos de la mancomunidad Santa Elena (La Libertad, Salinas y Santa Elena),

2012

### 4. GENERACIÓN DE DESECHOS Y COSTO DE DISPOSICIÓN FINAL

AÑO	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
<b>TOTAL MANCOMUNIDAD (TON/AÑO)</b>	65.302,9	67.098,6	68.931,1	70.804,6	72.717,5	74.716,3	76.709,8	78.736,2	80.804,2	82.907,1	85.097,5	87.277,7	89.096,3	91.107,9	92.944,4
<b>TOTAL CANTÓN STA. ELENA (TON/AÑO)</b>	25.681,2	26.384,4	27.104,7	27.842,6	28.597,5	29.394,1	30.183,1	30.988,8	31.813,3	32.654,4	33.539,1	34.415,3	35.103,9	35.797,4	36.492,6
<b>COSTO DE DISPOSICIÓN FINAL (\$/TON)</b>	\$ 26,78	\$ 5,00	\$ 5,07	\$ 5,03	\$ 4,93	\$ 5,33	\$ 4,85	\$ 4,70	\$ 5,63	\$ 4,62	\$ 6,21	\$ 4,44	\$ 4,09	\$ 4,29	\$ 3,92

**Fuente:** Estudios y diseños definitivos para la gestión integral de desechos sólidos de la mancomunidad Santa Elena (La Libertad, Salinas y Santa Elena),

2012

## ANEXO C: PRESUPUESTO MODIFICADO PARA EL CANTÓN SANTA ELENA

### 1. EQUIPO MECÁNICO

RUBRO	CANTIDAD DE EQUIPO MECÁNICO RELLENO EL TAMBO																	
	Unidad	Costo unitario	Fuente	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Retroexcavadora y cargadora frontal (tipo CAT D426)	U	\$ 96.000,00	Portal INCOP	\$ 96.000,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Repotenciación Retroexcavadora y cargadora frontal	Repiten	\$ 37.413,25	Mét.Internacional	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 37.413,25	-	-	-	-
Volquete 10 m³ de capacidad (Tipo Hino Serie500)	U	\$ 78.145,20	Inf. Eco-Mecánico	\$ 78.145,2	-	-	-	-	-	-	-	\$ 78.145,20	-	-	-	-	-	-
Repotenciación Volquete de 10 m³ de capacidad	Repiten	\$ 14.929,37	Mét.Internacional	-	-	-	-	-	\$ 14.929,37	-	-	-	-	-	-	-	\$ 14.929,37	-
Tractor de orugas para relleno sanitario (tipo CAT D6)	U	\$ 175.000,00	Portal INCOP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Repotenciación Tractor de orugas relleno sanitario	Repiten	\$ 83.300,00	Mét.Internacional	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BASCULA CAMIONERA PLATAFORMA	U	\$ 22.000,00	Portal INCOP	\$ 22.000,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL				\$ 196.145,2	-	-	-	-	\$ 14.929,37	-	-	\$ 78.145,20	-	\$ 37.413,25	-	-	\$ 14.929,37	-

**Fuente:** Estudios y diseños definitivos para la gestión integral de desechos sólidos de la mancomunidad Santa Elena (La Libertad, Salinas y Santa Elena),

2012

**Elaboración:** Diana Ruales

## 2. OBRA CIVIL

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	PRECIO
			UNITARIO	TOTAL
<b>2.1 CONFORMACIÓN PRIMERA PLATAFORMA</b>				
REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE OBRAS CIVILES LINEALES	ML	734,19	\$ 1,370	\$ 1.005,84
EXCAVACIÓN A MAQUINA EN SUELO NORMAL	M3	33.711,57	\$ 2,336	\$ 78.750,23
RELLENO COMPACTADO MATERIAL EXISTENTE	M3	337,11	\$ 3,739	\$ 1.260,46
ACARREO MECÁNICO MATERIAL DISTANCIA 1 KM	M3	33.711,57	\$ 1,415	\$ 47.701,87
CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE EQUIPO PESADO	M2	23.014,38	\$ 0,316	\$ 7.272,55
EXCAVACIÓN DE ZANJA A MAQUINA PARA DREN	M3	339,30	\$ 2,596	\$ 880,83
CONFORMACIÓN DREN PRINCIPAL DE 80x80	ML	532,33	\$ 30,221	\$ 16.087,42
CONFORMACIÓN DREN SECUNDARIO DE 60x60	ML	5,32	\$ 21,887	\$ 116,47
SUM/INST GEOMEMBRANA IMPERMEABLE PEAD Esp=1.5mm PUNZONAMIENTO > 290N	M2	23.014,38	\$ 8,779	\$ 202.043,27
CONFORMACIÓN POZO-CHIMENEA BIO-GAS H=3m (Incluye Exc-Mat-Rell)	U	13,86	\$ 126,699	\$ 1.755,54
EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJA - CANAL DRENAJE TIPO 1	M3	86,60	\$ 6,030	\$ 522,20
HUMEDECIMIENTO SUELO	M	1.125,80	\$ 1,212	\$ 1.364,47
PRECAUCIÓN CON CINTA PLÁSTICA	ML	250,00	\$ 1,215	\$ 303,75
CABALLETES DE PREVENCIÓN	U	5,00	\$ 97,381	\$ 486,91
LETRERO INFORMACIÓN 1.20m x 2.40m	U	4,00	\$ 171,350	\$ 685,40
				<b>\$ 360.237,20</b>



2.2 VÍA DE INGRESO ASFALTADA				
REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	M2	3.312,00	\$ 1,560	\$ 5.166,72
EXCAVACIÓN A MAQUINA EN SUELO NORMAL	M3	2.489,20	\$ 2,336	\$ 5.814,77
RELLENO COMPACTADO MATERIAL EXISTENTE	M3	372,60	\$ 3,739	\$ 1.393,15
DESALOJO SOBRANTE EXCAVACIÓN HASTA 5 Km	M3	2.116,60	\$ 2,306	\$ 4.880,88
EXCAVACIÓN Y RELLENO ESTRUCTURAS MENORES	M3	110,40	\$ 7,218	\$ 796,87
CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE	M2	3.312,00	\$ 0,713	\$ 2.361,46
GEOMALLA BIAXIAL BX-65 (68KN/m) 520 GR/M2	M2	3.312,00	\$ 6,879	\$ 22.783,25
GEOTEXTIL PERMEABLE TEJIDO PARA SEPARACIÓN DE SUELOS (TIPO PAVCO 1400 NT)	M2	3.312,00	\$ 2,315	\$ 7.667,28
SUB - BASE CLASE 3	M3	828,00	\$ 9,566	\$ 7.920,65
IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	M2	3.312,00	\$ 0,830	\$ 2.748,96
ARENA PARA PROTECCIÓN Y SECADO	M2	3.312,00	\$ 0,890	\$ 2.947,68
CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE ESP=5cm	M2	3.312,00	\$ 6,958	\$ 23.044,90
BORDILLO H.S. Fc=180KG/CM2, H=50CM x B=20CM. INC ENC	M	1.104,00	\$ 16,817	\$ 18.565,97
ACERAS PERIMETRALES ANCHO 70CM, EMPEDRADO E=10CM	M2	772,80	\$ 25,923	\$ 20.033,29
PINTURA DE TRAFICO	M	55,20	\$ 0,552	\$ 30,47
PRECAUCIÓN CON CINTA PLÁSTICA	ML	472,85	\$ 1,215	\$ 574,51
HUMEDECIMIENTO SUELO	M	472,85	\$ 1,212	\$ 573,09
CABALLETES DE PREVENCIÓN	U	4,00	\$ 97,381	\$ 389,52
				<b>\$ 127.693,42</b>
2.3 FACILIDADES				
CERRAMIENTO ALAMBRE PÚAS POSTE MADERA 5 FILAS	M	351,19	\$ 3,210	\$ 1.127,32

SIEMBRA ESPECIES HERBÁCEAS NATIVAS CIRCUNDANTES	M2	286,00	\$ 1,787	\$ 511,08
SIEMBRA DE ARBOLES	U	14,00	\$ 14,178	\$ 198,49
PUERTA 2.50mx6.0m ESTRUCTURA TUBO GALVANIZADO 2" CON PUERTA PEATONAL + MALLA 50/10 + PICAPORTE + CANDADO VIRO 50mm	U	1,00	\$ 735,514	\$ 735,51
ESTUDIO, TRAMITES Y PAGO APROBACIÓN DEL PROYECTO ELÉCTRICO DEL TRANSFORMADOR	GBL	1,00	\$ 2.714,000	\$ 2.714,00
EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO EXTERIORES EL TAMBO	GBL	1,00	\$ 6.303,678	\$ 6.303,68
SUM/INST TANQUE CÓNICO DE POLIETILENO 1000 LITROS	U	2,00	\$ 298,743	\$ 597,49
ACCESORIOS HIDRÁULICOS ADUCCIÓN HACIA COBERTIZO	GBL	1,00	\$ 180,696	\$ 180,70
H.S. F'c=180 Kg/cm2 - PLATAFORMA BASE INCL ENCOF - EL TAMBO	M3	1,00	\$ 150,562	\$ 150,56
MALLA ELECTROSOLDADA 5mm@10cm - CORTE Y COLOCADO	M2	13,35	\$ 5,996	\$ 80,05
POZO SÉPTICO	U	1,00	\$ 138,389	\$ 138,39
LETRERO INFORMACIÓN 1.20m x 2.40m	U	1,00	\$ 171,350	\$ 171,35
BOMBA Y SISTEMA HIDRONEUMÁTICO	GBL	1,00	\$ 1.124,953	\$ 1.124,95
HITO DEMARCACIÓN INFLUENCIA BOTADERO	U	6,00	\$ 153,917	\$ 923,50
OBRA CIVIL PLATAFORMA BASCULA	GBL	1,00	\$ 5.436,425	\$ 5.436,43
				<b>\$ 20.393,50</b>
<b>2.4 RED COLECTORA SANITARIA - CAJÓN REPARTIDOR</b>				
REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE OBRAS CIVILES LINEALES	ML	273,72	\$ 1,370	\$ 375,00
REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	M2	12,00	\$ 1,560	\$ 18,72
EXCAVACIÓN DE ZANJA A MAQUINA H=0.00-2.75m (EN TIERRA)	M3	161,52	\$ 2,596	\$ 419,31
EXCAVACIÓN MANUAL EN SUELO NORMAL	M3	12,25	\$ 6,204	\$ 76,00
CONFORMACIÓN BASE DE ARENA	M3	6,54	\$ 27,913	\$ 182,55
SUM/INST TUB. PVC ALC D=200mm - INEN 2059	M	307,72	\$ 22,906	\$ 7.048,63
CAJA SANITARIA DE REVISIÓN INCL. EXC + TAPA H.A	U	5,00	\$ 103,368	\$ 516,84
POZO REVISIÓN H.S. H=1.76-2.25m INCL. TAPA, CERCO Y PELDAÑOS	U	2,00	\$ 808,976	\$ 1.617,95
RELLENO COMPACTADO MATERIAL EXISTENTE	M3	78,26	\$ 3,739	\$ 292,61
ACERO DE REFUERZO CORTE Y COLOCADO	KG	353,50	\$ 1,913	\$ 676,25
ENCOFRADO/DESENCOFRADO MADERA DE MONTE	M2	11,25	\$ 8,765	\$ 98,61
H.S. F'c=210 KG/CM2 (LOSAS, PAREDES)	M3	4,50	\$ 176,907	\$ 796,08
ACCESORIOS HIDRÁULICOS CAJÓN REPARTIDOS	GBL	1,00	\$ 487,574	\$ 487,57
ENLUCIDO VERTICAL INTERIOR EXTERIOR 1:4	M2	31,70	\$ 8,521	\$ 270,12
EMPEDRADO BASE h=0.15m (PIEDRA BOLA)	M2	9,00	\$ 11,706	\$ 105,35
DESALOJO SOBRANTE EXCAVACIÓN HASTA 5 Km	M3	83,26	\$ 2,306	\$ 192,00
				<b>\$ 13.173,59</b>
<b>2.5 CONFORMACIÓN CELDAS ESPECIALES</b>				
MODULO CELDA CONFINADA - SIN EXCAVACIÓN 12.0x4.0x2.7m (VOL ÚTIL=80m3) - DESECHOS TÓXICOS	U	5,00	\$ 1.830,744	\$ 9.153,72
MODULO CELDA CONFINADA - SIN EXCAVACIÓN 12.0x4.0x2.7m (VOL ÚTIL=80m3) - DESECHOS HOSPITALARIOS	U	5,00	\$ 1.830,744	\$ 9.153,72
CARPA ESTRUCTURA METÁLICA COBERTURA LONA BLANCA Ancho=4.8m Long=12m	U	2,00	\$ 1.776,230	\$ 3.552,46

				<b>\$ 21.859,90</b>
<b>2.6 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS</b>				
REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	M2	1.716,00	\$ 1,560	\$ 2.676,96
EXCAVACIÓN A MAQUINA EN SUELO NORMAL	M3	2.597,81	\$ 2,336	\$ 6.068,48
EXCAVACIÓN MANUAL EN SUELO NORMAL	M3	36,00	\$ 6,204	\$ 223,34
SUM/INST TUB. PVC P E/C 1.25 MPa D=200mm	ML	27,00	\$ 46,426	\$ 1.253,50
SUM/INST TUB. PVC P E/C 1.25 MPa D=200mm PERFORADA d=2cm C/25cm	ML	12,00	\$ 48,680	\$ 584,16
SUM/INST TUB. PVC P E/C 1.25 MPa D=110mm	ML	18,00	\$ 13,753	\$ 247,55
SUM/INST TUB. PVC P E/C 1.25 MPa D=63mm (VENTILACIÓN)	ML	60,00	\$ 5,994	\$ 359,64
ACCESORIOS HIDRÁULICOS UNIDAD DE TRATAMIENTO	GBL	2,00	\$ 348,100	\$ 696,20
DRENES CON TUBERÍA PVC 110MM	M	50,00	\$ 6,581	\$ 329,05
JUNTA IMPERMEABLE PVC 15cm	M	85,00	\$ 13,304	\$ 1.130,84
ACERO DE REFUERZO CORTE Y COLOCADO	KG	9.733,00	\$ 1,913	\$ 18.619,23
H.S. F'c=140 KG/CM2 (REPLANTILLO)	M3	7,30	\$ 114,689	\$ 837,23
H.S. F'c=210 KG/CM2 (LOSAS, PAREDES)	M3	133,90	\$ 176,907	\$ 23.687,85
ENCOFRADO/DESENCOFRADO MADERA DE MONTE	M2	285,00	\$ 8,765	\$ 2.498,03
RELLENO COMPACTADO MATERIAL EXISTENTE	M3	267,00	\$ 3,739	\$ 998,31
DESALOJO SOBRANTE EXCAVACIÓN HASTA 5 Km	M3	580,00	\$ 2,306	\$ 1.337,48
LECHO FILTRANTE DE MATERIAL PÉTREO DE 2.5 A 10 CM	M3	114,29	\$ 25,746	\$ 2.942,51
MARCOS H TUB ACERO USADA 3"	U	6,00	\$ 43,196	\$ 259,18
PINTURA ANTICORROSIVA EXTERIOR TUBERÍA Y MARCOS H	GBL	1,00	\$ 127,933	\$ 127,93
TAPA Y CERCO BOCA DE VISITA 1x1 M E=1MM	U	1,00	\$ 258,772	\$ 258,77
SUMINISTRO DE CARBÓN COQUE	M3	8,50	\$ 272,580	\$ 2.316,93
SUM/INST BOMBA A MOTOR 2 HP	U	1,00	\$ 439,131	\$ 439,13
PROV. INST TUBERÍA PVC U/Z D=63mm 1.00Mpa	M	1,00	\$ 4,745	\$ 4,75
SUM/INST CODO 90° PVC E/C D=63mm	U	3,00	\$ 2,602	\$ 7,81
SUM/INST TEE PVC E/C D=63mm	U	2,00	\$ 2,685	\$ 5,37
SUM/INST TUB FLEX 0.63MPa D=50mm - RIEGO POR GOTERO	M	250,00	\$ 5,550	\$ 1.387,50
SIEMBRA ESPECIES HERBÁCEAS NATIVAS CIRCUNDANTES	M2	125,00	\$ 1,787	\$ 223,38
ESCARIFICACIÓN DE BASES	M2	1.250,00	\$ 3,454	\$ 4.317,50
SUM/INST GEOMEMBRANA IMPERMEABLE PEAD Esp=1.5mm PUNZONAMIENTO > 290N	M2	1.745,00	\$ 8,779	\$ 15.319,36
				<b>\$ 89.157,96</b>
<b>2.7 GARITA DE INGRESO</b>				
LIMPIEZA Y DESBROCE	M2	84,64	\$ 1,147	\$ 97,08
REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	M2	49,00	\$ 1,560	\$ 76,44
EXCAVACIÓN MANUAL EN SUELO NORMAL	M3	11,70	\$ 6,204	\$ 72,59
ENCOFRADO/DESENCOFRADO MADERA DE MONTE	M2	82,50	\$ 8,765	\$ 723,11
HORMIGÓN SIMPLE F'c=210 KG/CM2	M3	12,00	\$ 173,413	\$ 2.080,96

ACERO DE REFUERZO CORTE Y COLOCADO	KG	863,50	\$ 1,913	\$ 1.651,88
BAJANTES AGUA LLUVIA PVC DESAGÜE 110MM	ML	3,00	\$ 7,877	\$ 23,63
CERÁMICA DE PISO ANTIDESLIZANTE TIPO GRAIMAN	M2	21,70	\$ 28,927	\$ 627,72
CERÁMICA EN PARED	M2	4,88	\$ 28,927	\$ 141,16
CONTRAPISO ESP=0.20M-PIEDRA=13CM-H.S 180KG/CM2 E=7CM	M2	23,04	\$ 11,765	\$ 271,07
ENLUCIDO VERTICAL INTERIOR EXTERIOR 1:4	M2	60,00	\$ 8,521	\$ 511,26
MAMPOSTERÍA DE BLOQUE e=15 cm	M2	30,00	\$ 16,343	\$ 490,29
PINTURA DE CAUCHO/LÁTEX (2 MANOS)	M2	60,00	\$ 3,315	\$ 198,90
PUNTO AGUA POTABLE PVC ROSCABLE D=1/2"	PTO	2,00	\$ 7,336	\$ 14,67
PUNTO DE DESAGÜE - INCLUYE TUBERÍA PVC	PTO	4,00	\$ 31,322	\$ 125,29
PUNTO DE LUZ INCLUYE FOCOS - 100WATTS	PTO	2,00	\$ 17,770	\$ 35,54
PUNTOS DE FUERZA TOMACORRIENTES DOBLE POLARIZADO	PTO	1,00	\$ 14,628	\$ 14,63
TABLERO Y BREAKERS DE CONTROL DE 2 A 4 PTOS	U	1,00	\$ 67,950	\$ 67,95
SUM. INST INODORO BLANCO+HERRAJES Y TUBO ABASTO LAVAMANOS SIN PEDESTAL + GRIFERÍA	GBL.	1,00	\$ 130,219	\$ 130,22
SUM. INST VENTANA ALUMINIO COLOR NATURAL+VIDRIO FLOT 4MM INCL MALLA ANTI MOSQUITO	M2	17,40	\$ 71,588	\$ 1.245,63
SUM. INST PUERTA MADERA PANELADA,INCL CERRADURA 0.80 x 2M - INCL MARCO Y TAPA MARCO	U	2,00	\$ 171,217	\$ 342,43
SUM. INST PUERTA PRINCIPAL MADERA PANELADA, INCL CERRADURA, 0.95*2 M - INCL MARCO Y TAPA MARCO	U	1,00	\$ 202,971	\$ 202,97
ACERAS PERIMETRALES ANCHO 70CM, EMPEDRADO E=10CM	M2	16,94	\$ 25,923	\$ 439,14
DESALOJO SOBRANTE EXCAVACIÓN HASTA 5 Km	M3	11,70	\$ 2,306	\$ 26,98
				\$ 9.611,53
<b>2.8 COBERTIZO DE MANTENIMIENTO</b>				
REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	M2	150,00	\$ 1,560	\$ 234,00
EXCAVACIÓN MANUAL EN SUELO NORMAL	M3	29,84	\$ 6,204	\$ 185,13
RELLENO COMPACTADO MATERIAL IMPORTADO TIPO SUB-BASE CLASE III (MEJORAMIENTO SUELO)	M3	5,00	\$ 10,519	\$ 52,60
ENCOFRADO/DESENCOFRADO MADERA DE MONTE	M2	56,00	\$ 8,765	\$ 490,84
H.S. F'c=140 KG/CM2 (REPLANTILLO)	M3	1,61	\$ 114,689	\$ 184,65
H.S. F'c=210 KG/CM2 (CADENAS, VIGAS, COLUMNAS)	M3	5,32	\$ 166,346	\$ 884,96
H.S. F'c=210 KG/CM2 (ESCALERAS)	M3	2,35	\$ 166,346	\$ 390,91
H.S. F'c=210 KG/CM2 (LOSAS, PAREDES)	M3	1,85	\$ 176,907	\$ 327,28
H.S. F'c=210 KG/CM2 (MURO)	M3	3,98	\$ 190,734	\$ 759,12
H.S. F'c=210 KG/CM2 (PLINTOS, CIMIENTOS)	M3	3,96	\$ 180,401	\$ 714,39
ACERO DE REFUERZO CORTE Y COLOCADO	KG	3.268,21	\$ 1,913	\$ 6.252,09
ESTRUCTURA METÁLICA (COLUMNAS, VIGAS DE AMARRE Y CORREAS CUBIERTA)	KG	456,50	\$ 3,580	\$ 1.634,27
MAMPOSTERÍA DE BLOQUE e=15 cm	M2	152,00	\$ 16,343	\$ 2.484,14
ENLUCIDO VERTICAL INTERIOR EXTERIOR 1:4	M2	304,00	\$ 8,521	\$ 2.590,38
SUM. INST VENTANA ALUMINIO COLOR NATURAL+VIDRIO FLOT 4MM INCL MALLA ANTI MOSQUITO	M2	5,00	\$ 71,588	\$ 357,94
CERÁMICA EN PARED	M2	4,50	\$ 28,927	\$ 130,17
CERÁMICA DE PISO ANTIDESLIZANTE TIPO GRAIMAN	M2	9,00	\$ 28,927	\$ 260,34

SUM. INST INODORO BLANCO+HERRAJES Y TUBO ABASTO LAVAMANOS SIN PEDESTAL + GRIFERÍA	GBL.	1,00	\$ 130,219	\$ 130,22
ESTILPANEL AR2 E=0.40MM PARA CUBIERTAS, PAREDES O FRISOS	M2	168,00	\$ 7,392	\$ 1.241,86
PINTURA DE CAUCHO/LÁTEX (2 MANOS)	M2	304,00	\$ 3,315	\$ 1.007,76
PINTURA ANTICORROSIVA SUPERFICIE METAL	M2	77,20	\$ 5,269	\$ 406,77
PUNTO AGUA POTABLE PVC ROSCABLE D=1/2"	PTO	4,00	\$ 7,336	\$ 29,34
SUM/INST TUB PVC P ROSCABLE D=1/2" - INEN 2497	M	5,50	\$ 2,957	\$ 16,26
SUM/INST TUB PVC P ROSCABLE D=1" - INEN 2497	M	15,50	\$ 6,367	\$ 98,69
PUNTO DE LUZ INCLUYE FOCOS - 100WATTS	PTO	8,00	\$ 17,770	\$ 142,16
PUNTOS DE FUERZA TOMACORRIENTES DOBLE POLARIZADO	PTO	4,00	\$ 14,628	\$ 58,51
TABLERO Y BREAKERS DE CONTROL DE 6 A 12 PTOS	U	1,00	\$ 82,512	\$ 82,51
PUNTO DE DESAGÜE - INCLUYE TUBERÍA PVC	PTO	4,00	\$ 31,322	\$ 125,29
SUM/INST TUB PVC DESAGÜE TIPO B D=110mm - INEN 1374	M	11,78	\$ 8,672	\$ 102,16
SUM/INST TUB PVC DESAGÜE TIPO B D=50mm - INEN 1374	M	8,60	\$ 4,993	\$ 42,94
CONTRAPISO DE H.S. 1:3:7 E=8 CM.	M2	144,00	\$ 12,415	\$ 1.787,76
ALISADO DE PISOS	M2	144,00	\$ 6,941	\$ 999,50
SUM. INST PUERTA BAÑO MADERA PANELADA,INCL CERRADURA 0.7 x 2.0M - INCL MARCO Y TAPAMARCO	U	1,00	\$ 153,083	\$ 153,08
SUM. INST PUERTA PRINCIPAL MADERA PANELADA, INCL CERRADURA, 0.95*2 M - INCL MARCO Y TAPA MARCO	U	1,00	\$ 202,971	\$ 202,97
CAJA SANITARIA 80X80 CM	U	1,00	\$ 113,186	\$ 113,19
ACERAS PERIMETRALES ANCHO 70CM, EMPEDRADO E=10CM	M2	26,00	\$ 25,923	\$ 674,00
DESALOJO SOBRANTE EXCAVACIÓN HASTA 5 Km	M3	29,84	\$ 2,306	\$ 68,81
				<b>\$ 25.416,98</b>
<b>2.9 EDIFICIO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b>				
REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	M2	187,00	\$ 1,560	\$ 291,72
EXCAVACIÓN MANUAL EN SUELO NORMAL	M3	27,00	\$ 6,204	\$ 167,51
ACERO DE REFUERZO CORTE Y COLOCADO	KG	4.143,00	\$ 1,913	\$ 7.925,56
ENCOFRADO/DESENCOFRADO MADERA DE MONTE	M2	246,00	\$ 8,765	\$ 2.156,19
CONTRAPISO ESP=0.20M-PIEDRA=13CM-H.S 180KG/CM2 E=7CM	M2	130,22	\$ 11,765	\$ 1.532,04
H.S. F'c=140 KG/CM2 (REPLANTILLO)	M3	1,75	\$ 114,689	\$ 200,71
H.S. F'c=210 KG/CM2 (PLINTOS, CIMIENTOS)	M3	7,00	\$ 180,401	\$ 1.262,81
H.S. F'c=210 KG/CM2 (CADENAS, VIGAS, COLUMNAS)	M3	7,80	\$ 166,346	\$ 1.297,50
H.S. EN CAPA SUPERIOR E INFERIOR F'c=180 Kg/cm2	M3	1,00	\$ 129,893	\$ 129,89
H.S. F'c=210 KG/CM2 (LOSAS, PAREDES)	M3	27,00	\$ 176,907	\$ 4.776,49
MAMPOSTERÍA DE BLOQUE e=15 cm	M2	182,00	\$ 16,343	\$ 2.974,43
ENLUCIDO VERTICAL INTERIOR EXTERIOR 1:4	M2	364,00	\$ 8,521	\$ 3.101,64
ENLUCIDO HORIZONTAL PALETEADO	M2	130,22	\$ 16,243	\$ 2.115,16
ENLUCIDO CHAMPEADO	M2	79,22	\$ 12,417	\$ 983,67
BLOQUE 15x20x40 cm LOSA	U	945,00	\$ 0,681	\$ 643,55
TABLERO Y BREAKERS DE CONTROL DE 6 A 12 PTOS	U	1,00	\$ 82,512	\$ 82,51

PUNTO DE LUZ (LUMINARIA FLUORESCENTE 2x32W)	PTO	27,00	\$ 15,266	\$ 412,18
PUNTO DE LUZ (LUMINARIA FLUORESCENTE 60W)	PTO	9,00	\$ 17,770	\$ 159,93
PUNTOS DE FUERZA TOMACORRIENTES DOBLE POLARIZADO	PTO	24,00	\$ 14,628	\$ 351,07
PUNTO DE DESAGÜE - INCLUYE TUBERÍA PVC	PTO	28,00	\$ 31,322	\$ 877,02
CAJA SANITARIA 80X80 CM	U	8,00	\$ 113,186	\$ 905,49
PUNTO AGUA POTABLE PVC ROSCABLE D=1/2"	PTO	16,00	\$ 7,336	\$ 117,38
ALISADO DE PISOS	M2	130,22	\$ 6,941	\$ 903,86
CERÁMICA DE PISO ANTIDESLIZANTE TIPO GRAIMAN	M2	99,80	\$ 28,927	\$ 2.886,91
PINTURA DE CAUCHO/LÁTEX (2 MANOS)	M2	232,30	\$ 3,315	\$ 770,07
CERÁMICA EN PARED	M2	41,20	\$ 28,927	\$ 1.191,79
SUM. INST VENTANA ALUMINIO COLOR NATURAL+VIDRIO FLOT 4MM INCL MALLA ANTI MOSQUITO	M2	27,24	\$ 71,588	\$ 1.950,06
SUM. INST PUERTA MADERA PANELADA, INCL CERRADURA, 1x2m INCL MARCO Y TAPA MARCO	U	2,00	\$ 211,880	\$ 423,76
SUM. INST PUERTA MADERA PANELADA, INCL CERRADURA, 0,9x2m INCL MARCO Y TAPA MARCO	U	3,00	\$ 202,971	\$ 608,91
SUM. INST PUERTA MADERA PANELADA, INCL CERRADURA, 0,6x2m INCL MARCO Y TAPA MARCO	U	9,00	\$ 185,153	\$ 1.666,38
PUERTA METÁLICA TUBO RECTANGULAR (PROVISIÓN Y MONTAJE)	M2	7,20	\$ 55,042	\$ 396,30
INODORO PRIMERA CALIDAD (PROVISIÓN Y MONTAJE)	U	6,00	\$ 123,639	\$ 741,83
LAVAMANOS ECONOMICO1 LLAVE (PROVISIÓN MONTAJE GRIFERÍA)	U	4,00	\$ 42,274	\$ 169,10
LAVAMANOS DE COCINA + ACCESORIOS Y LLAVE	U	1,00	\$ 83,956	\$ 83,96
DUCHA ELÉCTRICA Y ACCESORIOS	U	3,00	\$ 50,587	\$ 151,76
MUEBLE BAJO MESÓN (TABLERO REPISAS Y PUERTAS)	M	4,60	\$ 33,047	\$ 152,02
ACERAS PERIMETRALES ANCHO 70CM, EMPEDRADO E=10CM	M2	78,60	\$ 25,923	\$ 2.037,55
DESALOJO SOBRANTE EXCAVACIÓN HASTA 5 Km	M3	27,00	\$ 2,306	\$ 62,26
SUM/INST TUB. PVC ALC D=160mm - INEN 2059	M	46,00	\$ 14,540	\$ 668,84
				<b>\$ 47.329,80</b>
			<b>T O T A L =</b>	<b>\$ 714.873,87</b>

**Fuente:** Estudios y diseños definitivos para la gestión integral de desechos sólidos de la mancomunidad Santa Elena (La Libertad, Salinas y Santa Elena),

2012

**Elaboración:** Diana Ruales

### 3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

DESCRIPCIÓN	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Costos O&M - Mano de obra	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78	\$ 109.854,78
Costos O&M - Material de trabajo	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00	\$ 2.455,00
Costos O&M - Insumos y servicios equipos	\$ 59.405,26	\$ 59.993,82	\$ 63.800,31	\$ 68.570,33	\$ 65.217,42	\$ 65.965,50	\$ 70.780,45	\$ 67.470,03	\$ 68.244,01	\$ 73.099,88	\$ 69.850,84	\$ 70.666,83	\$ 75.416,30	\$ 72.100,33	\$ 72.787,67
Costos O&M - Gestión Ambiental	\$ 20.336,99	\$ 5.000,01	\$ 7.587,11	\$ 5.669,00	\$ 7.752,62	\$ 20.516,90	\$ 7.927,13	\$ 6.015,71	\$ 8.106,11	\$ 6.198,03	\$ 22.970,68	\$ 6.389,08	\$ 8.468,57	\$ 6.556,50	\$ 8.636,78
<b>Global Operación y Mantenimiento</b>	<b>\$ 192.052,04</b>	<b>\$ 177.303,61</b>	<b>\$ 183.697,20</b>	<b>\$ 186.549,11</b>	<b>\$ 185.279,81</b>	<b>\$ 198.792,18</b>	<b>\$ 191.017,36</b>	<b>\$ 185.795,51</b>	<b>\$ 188.659,89</b>	<b>\$ 191.607,69</b>	<b>\$ 205.131,30</b>	<b>\$ 189.365,69</b>	<b>\$ 196.194,65</b>	<b>\$ 190.966,60</b>	<b>\$ 193.734,22</b>

**Fuente:** Estudios y diseños definitivos para la gestión integral de desechos sólidos de la mancomunidad Santa Elena (La Libertad, Salinas y Santa Elena),

2012

**Elaboración:** Diana Ruales

### 4. GENERACIÓN DE DESECHOS Y COSTO DE DISPOSICIÓN FINAL

AÑO	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
<b>TOTAL CANTÓN STA. ELENA (TON/AÑO)</b>	25.681,2	26.384,4	27.104,7	27.842,6	28.597,5	29.394,1	30.183,1	30.988,8	31.813,3	32.654,4	33.539,1	34.415,3	35.103,9	35.797,4	36.492,6
<b>COSTO DE DISPOSICIÓN FINAL (\$/TON)</b>	\$ 42,95	\$ 9,32	\$ 9,43	\$ 9,34	\$ 9,11	\$ 9,99	\$ 8,92	\$ 8,57	\$ 10,94	\$ 8,40	\$ 9,84	\$ 8,00	\$ 7,67	\$ 7,99	\$ 7,34

**Fuente:** Estudios y diseños definitivos para la gestión integral de desechos sólidos de la mancomunidad Santa Elena (La Libertad, Salinas y Santa Elena),

2012

**Elaboración:** Diana Ruales

## ANEXO D: BUSINEES PLAN DEL PROCESO DE GASIFICACIÓN

1. ESPECIFICACIONES DE LA PLANTA				
		Porcentaje	Cantidad	
Cantidad total tratada	Humedad 70% (humedad con que generalmente ingresa la MO)	100%	25.681	Tm/año
Fracción plástico		14,50%	3.724	Tm/año
Fracción madera		0,00%	0	Tm/año
Fracción papel y cartón		8,40%	2.157	Tm/año
Fracción orgánica		60,80%	15.614	Tm/año
Fracción vidrio (no se gasifica)		3,00%	770	Tm/año
Fracción chatarra (no se gasifica)		1,30%	334	Tm/año
Otros		12,00%	3.082	Tm/año
Humedad (del conjunto excluyendo MO)			10%	
<b>Total CDR</b> (plástico, papel, cartón)		22,90%	5.881	Tm/año
Humedad (del conjunto excluyendo MO)			10%	
PCI (promedio del conjunto)			5.000	Kcal/kg
<b>Cantidad de CDR a gasificar al año</b>		100,00%	<b>5.881</b>	<b>Tm/año</b>
Cantidad de CDR a vender		0,00%	0	Tm/año
CDR Consumido a la hora en gasificación			0,74	Tm/h
<b>Total materia orgánica "seca"</b>		31,28%	5.855	Tm/año
Humedad (MO seca)			20%	
PCI (MO)			1.800	Kcal/Kg
<b>Cantidad de MO a gasificar al año</b>		100,00%	<b>5.855</b>	<b>Tm/año</b>
Cantidad de MO a vender		0,00%	0	Tm/año
MO Consumido a la hora en gasificación			0,73	Tm/h
<b>Potencia a instalar</b>			<b>1,45</b>	<b>Mwe</b>
<b>Rendimiento energético total</b>			<b>70%</b>	
Rendimiento eléctrico			25%	
Rendimiento térmico (secar MO)			45%	
Energía eléctrica producida al año			<b>11.611,69</b>	MW/año
Energía eléctrica consumida por la planta de tratamiento de RSU completa			<b>3.550,00</b>	MW/año
(Potencia eléctrica instalada en planta de tratamiento de RSU completa)			0,60	MWh
Energía consumida por la planta de gasificación			800,00	MW/año
(Potencia eléctrica instalada en la sección de gasificación)			0,10	MWh
(Horas de operación anual)			8.000	horas
Energía consumida por la planta de clasificación			2.750,00	MW/año
(Potencia eléctrica instalada en la sección de clasificación)			0,50	MWh
(Horas de operación anual)			5500	horas
Consumo de Combustible adicional de la planta de gasificación en arranques			3.750	l/año
Consumo de agua			0	l/año
Cenizas generadas			588	Tm/año



<b>2. INGRESOS</b>				
<b>Ingresos totales</b>			<b>1.161.169</b>	<b>€año</b>
Autoconsumo (ahorro)	0,10000	€/kW	355.000	€año
Ingresos por venta de energía sobrante	0,10000	€/kW	806.169	€año
Canon por tratamiento de RSU	0,00000	€/Tm	0	€año
Canon por disposición en vertedero (ahorro)	0,00000	€/Tm	0	€año
Venta metales	10	€/Tm		€año
Venta papel y cartón	10	€/Tm		€año
Venta plásticos	10	€/Tm		€año
Venta compost	15	€/Tm		€año
Venta CDR	5	€/Tm		€año
Bonos de emisión de CO2		€/Tm		€año
Bonos de emisión de CH4		€/Tm		€año
<b>3. GASTOS</b>				
<b>Gastos totales</b>			<b>800.623</b>	<b>€año</b>
<b>a) Explotación y mantenimiento</b>			477.400	€año
<b><u>Planta de gasificación</u></b>			267.400	€año
Personal (8 personas)	Coste empresa (Base imponible + IRPF)			
1	1.500	€/mes técnico superior	18.000	€año
7	500	€/mes operario	42.000	€año
AOM anual reactor			85.000	€año
AOM generadores:				
- Mantenimiento integral (preventivo + correctivo)	€/h cada motor	5,1	122.400	€año
- Overhaul	€/h cada motor	-	-	€año
- Aceite	€/h cada motor	-	-	€año
Consumo de energía			80.000	€año
Consumo combustible adicional	1,4	€/l	5.250	€año
Consumo de Agua	0	€/l	0	€año
<b><u>Planta de clasificación</u></b>			<b>210.000</b>	<b>€año</b>
Personal (8 personas)	Coste empresa (Base imponible + IRPF)			
1	1.500	€/mes técnico superior	18.000	€año
7	500	€/mes operario	42.000	€año
Maquinaria			150.000	€año
Instalaciones				€año
Consumo eléctrico			275.000	€año
<b>b) Costes Indirectos</b>			<b>90.000</b>	<b>€año</b>
Administración			80.000	€año
Costes de comercialización de la electricidad			10.000	€año
<b>c) Gastos anuales por seguros</b>			<b>23.223</b>	<b>€año</b>
<b>d) Gastos de disposición de cenizas</b>	0	€/Tm	0	€año

e) suelo en cesión o alquiler		€año	0	€
<b>4. INVERSIÓN</b>	<b>Total</b>			
Coste planta de gasificación			2.700.000	€
Coste planta de clasificación			3.500.000	€
Obra civil			0	€
Proyectos				€
Instalación de cogeneración y conexión a red				€
				€
<b>Total Inversión</b>			<b>6.200.000</b>	<b>€</b>

**Fuente:** Greene, 2014

**Elaboración:** Diana Ruales

5. ANÁLISIS CUENTA DE RESULTADOS DE LA PLANTA																
Cuenta de PyG																
Años		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
5.1 INGRESOS TOTALES																
Facturación eléctrica a red	€año	806.169	822.293	838.739	855.513	872.624	890.076	907.878	926.035	944.556	963.447	982.716	1.002.370	1.022.418	1.042.866	1.063.723
Autoconsumo	€año	355.000	362.100	369.342	376.729	384.263	391.949	399.788	407.783	415.939	424.258	432.743	441.398	450.226	459.230	468.415
	<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>1.161.169</b>	<b>1.184.393</b>	<b>1.208.081</b>	<b>1.232.242</b>	<b>1.256.887</b>	<b>1.282.025</b>	<b>1.307.665</b>	<b>1.333.819</b>	<b>1.360.495</b>	<b>1.387.705</b>	<b>1.415.459</b>	<b>1.443.768</b>	<b>1.472.644</b>	<b>1.502.096</b>	<b>1.532.138</b>
5.2 GASTOS DE EXPLOTACIÓN																
Mantenimiento y consumos	€año	477.400	492.916	508.935	525.476	542.554	560.187	578.393	597.190	616.599	636.639	657.329	678.693	700.750	723.524	747.039
Autoconsumo	€año	355.000	362.100	369.342	376.729	384.263	391.949	399.788	407.783	415.939	424.258	432.743	441.398	450.226	459.230	468.415
Seguros	€año	23.223	23.688	24.162	24.645	25.138	25.640	26.153	26.676	27.210	27.754	28.309	28.875	29.453	30.042	30.643
Costes indirectos	€año	90.000	91.800	93.636	95.509	97.419	99.367	101.355	103.382	105.449	107.558	109.709	111.904	114.142	116.425	118.753
	<b>TOTAL GASTOS</b>	<b>945.623</b>	<b>970.503</b>	<b>996.075</b>	<b>1.022.358</b>	<b>1.049.374</b>	<b>1.077.143</b>	<b>1.105.688</b>	<b>1.135.032</b>	<b>1.165.197</b>	<b>1.196.209</b>	<b>1.228.091</b>	<b>1.260.869</b>	<b>1.294.571</b>	<b>1.329.221</b>	<b>1.364.850</b>
EBITDA/BAIIDA	€año	215.546	213.889	212.006	209.884	207.513	204.882	201.977	198.787	195.298	191.496	187.368	182.899	178.073	172.875	167.289
	<i>margen sobre ventas</i>	<i>19%</i>	<i>18%</i>	<i>18%</i>	<i>17%</i>	<i>17%</i>	<i>16%</i>	<i>15%</i>	<i>15%</i>	<i>14%</i>	<i>14%</i>	<i>13%</i>	<i>13%</i>	<i>12%</i>	<i>12%</i>	<i>11%</i>

**Fuente:** Greene, 2014

**Elaboración:** Diana Ruales

## **ANEXO E: HOJA DE VIDA**

### **DATOS PERSONALES**



NOMBRE: Ruales Navarrete Diana Alexandra

C.C.: 0401735063

FECHA DE NACIMIENTO: 1988 - 12 - 07

EDAD: 25 años

ESTADO CIVIL: Soltera

DIRECCIÓN ACTUAL: Pasaje Rodrigo Moriel OE3-45 y Alejandro Ponce Borja, Sector Carcelén.

TELÉFONO FIJO: 022 472 205

TELÉFONO CELULAR: 0994 040 267

DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO: darn0712@hotmail.com

### **ESTUDIOS REALIZADOS**

PRIMARIA: Escuela Particular “Catalina Labouré”, San Gabriel - Carchi.

SECUNDARIA: Unidad Educativa “Pablo Muñoz Vega”, San Gabriel - Carchi. Título de bachiller en Ciencias especialización FÍSICO MATEMÁTICO.

SUPERIOR: Universidad Central de Ecuador, Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental, Carrera de Ingeniería Ambiental.

### **CURSOS REALIZADOS**

Curso de AutoCad 2D en la Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Civil; duración 40 horas.

### **PRÁCTICAS REALIZADAS**

Administración Municipal Zona Calderón - Jefatura Zonal de Medio Ambiente, Distrito Metropolitano de Quito.

- ❖ **Actividad desarrollada:** monitoreo de ruido, inspección de canteras, análisis de documentos técnicos.
- ❖ **Fecha:** 2009 - 08 - 11 hasta 2009 - 09 - 11

Corporación para el mejoramiento del aire de Quito, Ex - CORPAIRE, Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Quito.

- ❖ **Actividad desarrollada:** Apoyo a la elaboración del inventario de emisiones de Quito y de la red de monitoreo pasivo.
- ❖ **Fecha:** 2010 - 08 - 02 hasta 2010 - 08 - 31

Complejo Industrial Shushifindi, Áreas de Planta de Gas, Refinería Amazonas y Gestión Ambiental.

- ❖ **Actividad desarrollada:** muestreo de aguas en punto de emisión e inmisión, seguridad industrial, análisis de documentos técnicos.
- ❖ **Fecha:** 2011 - 02 - 01 hasta 2011 - 02 - 28

## **EXPERIENCIA**

- ❖ Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental, Fichas Ambientales, Estudios de Impacto Ambiental Ex Post, Planes de Manejo Ambiental y participación en procesos de participación ciudadana para EIA. EMPRESA CONSULTORA BIOAMPEG - (Ing. Lorena Manosalvas - Ingeniera Ambiental; Cel: 098731372).
- ❖ Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental, Fichas Ambientales, Estudios de Impacto Ambiental Ex Post en el sector de la Salud (construcción o remodelación de Centros de Salud y Hospitales). EMPRESA EXCELENCENTER CIA. LTDA. (Ing. Sergio Espinosa - Ingeniero Civil; Cel: 0969341802).